2e ANNÉE N° 4 28 FÉVRIER 1891

REVUE GÉNÉRALE

DES SCIENCES

PURES ET APPLIQUÉES

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER

LES ÉQUILIBRES CHIMIQUES

PREMIÈRE PARTIE : MÉCANIQUE CHIMIQUE; PRINCIPES EXPÉRIMENTAUX

La loi des proportions définies est la base d'une des branches de la Chimie, de celle qui s'est assurément le plus développée, parce qu'elle a trait à des phénomènes très apparents. On peut l'appeler l'architecture chimique, si l'on s'en tient au mode de représentation géométrique, connu sous le nom de théorie atomique. Les corps que l'on considère sont, ou des corps simples : hydrogène, oxygène, ou des composés définis : eau, acide carbonique; dans tous les cas, des corps d'une composition chimique invariable. Dans la Chimie, considérée à ce point de vue, on laisse de côté les phénomènes intermédiaires qui s'accomplissent quand un système chimique à un état déterminé, tel que le mélange gazeux d'hydrogène et d'oxygène, passe à un autre état déterminé, tel que l'eau.

Dans l'autre branche de la Chimie, *la mécanique chimique*, on étudie les états intermédiaires et les conditions dans lesquelles la succession de ces états intermédiaires se réalise. On le fait au même point de vue qu'en physique, lorsqu'on étudie les changements d'état des corps, la vaporisation, la fusion, etc. Ces changements physiques et les changements chimiques sont, d'ailleurs, soumis aux mêmes lois, et l'on admet généralement aujourd'hui qu'il n'y a pas lieu de scinder en deux sciences l'étude de ces deux ordres de changements. Nous donnerons donc à ces divers phénomènes la dénomination commune de phénomènes chimiques.

I

L'étude de la mécanique chimique a été abordée pour la première fois en France par Berthollet dans ses recherches sur les lois des doubles décompositions salines, et elle a été la raison de sa lutte contre les exagérations de l'école de Proust Mais Berthollet n'a été qu'un précurseur, et il était réservé à Henri Sainte-Claire-Deville, par sa découverte des lois de la dissociation, et par les conclusions qu'il en a tirées, de fonder définitivement cette nouvelle branche de la Chimie. A la suite de cette découverte, M. Peslin et M. Moustier ont les premiers, en France, rattaché les changements chimiques aux changements d'états étudiés par Sir William Thomson et Clausius. Puis, les Professeurs Gibbs [1] en Amérique, et von Helmholtz en Allemagne, ont appliqué d'une façon systématique aux phénomènes de la Chimie les lois de la Thermodynamique. Plus tard, Van't Hoff et l'un de nous ont formulé quelques corollaires de ces lois générales, corollaires plus directement applicables aux

[1] J. Willard Gibbs. *On the Equilibrium of Heterogeneous substances*. Transactions of the Connecticut Academy, Vol. III, Part. I. p. 108, New-Haven (U. S.), 1876. — Le Professeur Gibbs a certainement de beaucoup la part la plus considérable dans l'étude des lois rationnelles de la mécaniqne chimique ; mais le mémoire fondamental qui vient d'être cité a été rédigé sous une forme si générale et si abstraite, et avec un tel luxe de formules mathématiques, que la lecture en est peu attrayante. Aussi ce travail, bien que cité souvent de confiance, est à peine connu, et tous les extraits qui en ont été donnés sont incomplets, parfois même inexacts. Il en résulte que les résultats obtenus par le Professeur Gibbs ont dû être découverts à nouveau. Tel a été le cas de la loi d'isodissociation et celle du sens du mouvement chimique, données comme nouvelles par l'un de nous. Elles sont en réalité implicitement contenues dans les formules du savant professeur, mais personne ne les y avait aperçues jusqu'ici; à ce point même que l'on a été jusqu'à contester leur exactitude en invoquant l'autorité du Professeur Gibbs lui-même.

recherches de laboratoire, et rétablissant ainsi le trait d'union qui doit exister entre la pratique et la théorie pour que l'une et l'autre puissent se prêter un mutuel secours.

La mécanique chimique n'est elle-même qu'une branche particulière d'une science plus générale, semblable par ses raisonnements à la mécanique rationnelle; c'est la science des déplacements et de la transformation de l'énergie. Mais, laissant de côté ce point de vue un peu abstrait, nous nous attacherons spécialement, dans ce travail, aux résultats concrets, applicables spécialement à la Chimie.

Ces résultats n'ont pas seulement un intérêt théorique; ils ont aussi une grande importance pratique. Dans bien des cas, notamment lorsqu'il s'agit des procédés industriels, les réactions ne s'accomplissent pas entièrement, parce qu'elles sont limitées par la présence de corps, qu'on ne peut évacuer immédiatement et directement; dans d'autres cas, elles s'accomplissent avec une grande lenteur. Dans tous ces cas, les lois de la mécanique chimique trouvent une application directe. Dans le laboratoire, elles sont encore d'un utile secours, car elles permettent de prévoir le sens des réactions qui doivent s'accomplir, et la nature des composés stables qui se forment dans des conditions données; de plus, elles unifient des phénomènes, considérés trop souvent comme distincts ou nouveaux, et elles apportent ainsi une grande simplification dans la connaissance et la classification des réactions.

Le but de cette étude est de faire connaître aussi simplement que possible, mais sans rien sacrifier à la rigueur, les lois fondamentales nécessaires de la mécanique chimique, c'est-à-dire celles qui ne présentent rien d'empirique, soit qu'on puisse les déduire de lois plus générales dont elles constituent une nouvelle vérification, soit que, spécialement applicables à la Chimie, elles aient pour critérium unique l'expérience directe. Ces lois présentent un caractère de certitude aussi grand que le comporte l'état actuel de nos connaissances scientifiques; on ne saurait contester aujourd'hui leur exactitude sans révoquer en doute les loi fondamentales de la Thermodynamique.

On exposera les lois en question en écartant toutes les formules dont on a encombré sans nécessité la Thermodynamique et qui masquent si malheureusement le caractère presque évident de la science créée par Sadi-Carnot sur une pure intuition.

II

L'état sous lequel se présente un système chimique homogène ou non, se range nécessairement, au point de vue mécanique, dans l'une des trois classes suivantes :

État de repos chimique.

État d'équilibre chimique.

État de mouvement chimique.

L'état de mouvement chimique est bien connu des chimistes, c'est l'état d'un système dans lequel des transformations s'accomplissent spontanément. C'est par exemple l'état d'un système composé d'une dissolution saline non saturée en présence d'un excès de sel, ou l'état d'un système composé d'eau et de vapeur d'eau non saturée, ou encore l'état d'un mélange gazeux d'hydrogène et d'oxygène porté subitement à une température élevée, capable de provoquer la combinaison.

La distinction entre l'équilibre et le repos est une notion relativement récente. Saisir cette distinction, c'est comprendre les principes fondamentaux sur lesquels repose tout l'édifice de la nouvelle science chimique. Aussi est-il nécessaire d'entrer dans des explications un peu détaillées, en faisant connaître d'abord ce qu'est le repos, puis précisant cette notion par celle de l'équilibre.

Repos chimique. — Une première étude des conditions dans lesquelles s'accomplissent les changements chimiques semble révéler l'impossibilité de classer et de relier ces conditions. Les réactions peuvent être produites dans des circonstances les plus diverses : variation de pression, de température, d'état électrique; rayonnement lumineux, calorifique, ou chimique; chocs, frottements, et autres actions mécaniques, etc. Il n'est pas jusqu'aux phénomènes de la vie qui ne déterminent des transformations, et les organismes les plus simples en apparence, tels que les ferments, ont cependant un effet chimique puissant.

Non seulement les causes des phénomènes chimiques sont variées; mais leur effet est aussi variable, et, pour ainsi dire, contradictoire. Ainsi la chaleur qui détermine la combinaison de l'hydrogène et de l'oxygène, agit aussi pour décomposer l'eau.

Ces complications, ces contradictions ne sont qu'apparentes et disparaissent si l'on a soin de distinguer les causes directes des changements chimiques, des causes indirectes ou occasionnelles. C'est une distinction que l'on comprendra mieux par un exemple emprunté à la mécanique. Dans la manœuvre d'une sonnette à déclic, servant au battage d'un pieux, le déclenchement du mouton de la sonnette rend possible le mouvement de cette masse, et la pesanteur agit pour produire ce mouvement. Le déclenchement et l'action de la pesanteur sont deux phénomènes qui comportent pareillement la mise en jeu de forces; mais les deux forces mises en jeu n'ont pas cependant la

même relation avec le mouvement du mouton. La première rend les mouvements possibles, mais c'est la seconde qui doit être regardée comme la cause déterminante. Aussi longtemps que la force qui fait marcher le déclic n'agit pas, le mouton est au repos. Il est au repos, non pas seulement parce qu'il ne se meut pas, mais encore parce qu'une augmentation de la force qui tend à produire sa chute n'entraînera aucun mouvement, tant que l'intensité de cette force ne sera pas suffisante pour rompre l'appareil d'enclenchement.

D'une manière générale le repos, en mécanique, est dû à ce que les forces actives, ou *puissances* qui peuvent produire le mouvement, sont inférieures aux forces passives, ou *résistances* qui, sans produire le mouvement par elles-mêmes, le peuvent modifier. Ces résistances proviennent soit de liaisons, telles que celles réalisées par un déclic, soit du frottement, de la viscosité, etc.

Or cette distinction entre les puissances et les résistances trouve son application en chimie. Il y a souvent, dans les systèmes chimiques, des résistances ou liaisons intérieures dont la nature nous est inconnue, mais qui se révèlent par les obstacles qu'elles apportent aux transformations. C'est à cause de ces résistances que l'hydrogène, le carbone, et les matières organiques ne se combinent pas à l'oxygène de l'air, aux basses températures, bien que l'état stable de ces systèmes, à ces températures, soit l'eau et l'acide carbonique.

La plupart des actions énumérées plus haut, variations de pression, de température, rayonnement, etc., ont pour effet de rompre les liaisons internes qui s'opposaient à toute transformation chimique. C'est ainsi qu'une élévation de température de 550°, ou que la présence de la mousse de platine, provoque la transformation en eau du mélange d'hydrogène et d'oxygène, que l'acide chlorhydrique se forme sous l'influence d'un rayon solaire agissant sur le mélange de chlore et d'hydrogène, que les ferments dédoublent le sucre en alcool et acide carbonique, que la présence de l'acide carbonique provoque l'oxydation du fer par l'oxygène de l'air, etc.

Dans tous ces cas, les actions qui se sont exercées sont suivies de transformations chimiques et cependant elles ne sont pas ce qu'on peut appeler la cause de ces transformations, car, après avoir détruit les liaisons, elles cessent d'intervenir. L'état final du système est indépendant de ces actions, et les énergies qu'elles mettent en jeu n'ont pas de relations déterminées avec les énergies déplacées par le changement chimique ; elles sont, le plus souvent même, négligeables vis-à-vis de celles-ci. C'est ainsi que le travail nécessaire pour déclencher un mouton ou un marteau pilon n'est en rien comparable à la force vive acquise par la masse du mouton ou du marteau pilon.

Les résistances chimiques ne s'opposent pas toujours complètement aux transformations ; elles ne font parfois que les retarder et limiter la vitesse des réactions ; celle-ci varie, en effet, beaucoup suivant la nature des systèmes. Dans les composés explosifs, la suppression des liaisons est brusque, et aucune résistance n'intervient pour retarder la transformation qui s'accomplit dans une durée extrêmement courte. D'autres fois, le même système se transforme très rapidement à une température élevée, très lentement à basse température ; l'éthérification, qui s'accomplit en quelques heures à la température de 250°, demande des années pour s'accomplir à la température ordinaire.

La notion de liaisons ou de résistances chimiques entraîne la notion du repos chimique. Toutes les fois qu'un système contient de telles liaisons, la transformation ne peut s'accomplir si les facteurs qui la déterminent ne peuvent surmonter l'obstacle créé par les liaisons.

III

Dissociation. — Quand, sous l'influence de certains agents : chaleurs, lumière, ferments, etc., les liaisons sont rompues, le système sort du repos et prend un mouvement chimique. Mais ce ne sont pas là les seuls agents qui aient un effet chimique ; nous avons fait connaître les résistances ; il nous faut maintenant exposer ce que sont, dans l'état actuel de nos connaissances, les puissances, c'est-à-dire les causes directes, immédiates des phénomènes chimiques.

Quand il ne s'agit que de changements d'états, vaporisation de l'eau, fusion de la glace, ces causes sont depuis longtemps connues ; ce sont les variations de pression, de température et d'état électrique. Or ce sont encore ces mêmes causes, et seulement ces causes, qui interviennent dans les réactions chimiques. Les expériences sur la dissociation ont simplement permis d'étendre aux systèmes chimiques proprement dits les lois des changements d'état ; ajoutons qu'elles n'en constituent pas moins, dans l'ordre scientifique, une révolution comparable, par son importance, à la découverte de la loi des proportions définies.

La dissociation est un phénomène bien connu ; il n'est pas inutile cependant d'en citer un exemple pour montrer quel en est le véritable caractère et en faire ressortir les analogies.

Soit, comme exemple, la dissociation de l'iodure de mercure. Supposons ce corps renfermé dans un récipient en verre dont le volume puisse varier, au moyen d'un piston par exemple, la pression étant maintenue constante. Si l'on élève la température

graduellement, le corps se volatilise, et la vapeur incolore ne subit d'abord aucun changement chimique ; son volume augmente conformément à la loi de dilatation des gaz, en même temps que la chaleur absorbée suit une progression semblable. Mais vers la température de 500°, la vapeur commence à se colorer en violet, ce qui indique un commencement de décomposition et la mise en liberté d'iode à l'état de vapeur. Si l'on élève un peu plus la température, la proportion d'iodure décomposé augmente, puis la composition chimique reste stationnaire, tant que la température ne varie pas.

Si, au lieu d'élever la température, on l'abaisse, c'est au contraire une combinaison d'iode et de mercure qui a lieu, et la proportion d'iodure décomposé diminue. Aussi faible que soit une variation de température, il y a toujours une certaine quantité d'iodure décomposé ou reconstitué, quantité qui est d'autant plus petite que la variation de température est plus faible et qui, autant que les mesures chimiques permettent de le constater, tend vers zéro quand la variation de température tend elle-même vers zéro.

Si au lieu de faire varier la température, on faisait varier la pression en laissant la température constante, on constaterait des faits analogues.

Ces traits généraux de la dissociation ne s'observent pas seulement dans les phénomènes de simple décomposition, mais aussi dans des phénomènes plus complexes de substitution, de double décomposition, etc., comme le déplacement par le chlore du brome d'un bromure métallique, ou la réaction de la vapeur d'eau sur l'oxyde de carbone.

La dissociation nous montre donc que les vraies causes de la transformation chimique sont les variations de pression et de température. Du moins, ce sont avec les variations d'état électrique, les seules que nous connaissions. Tant que la pression, la température et la force électro-motrice restent constantes, un système chimique, même libre de toute liaisons intérieures, ne subira aucun changement. Mais dès que l'une de ces quantités varie, le système subit, en général, une transformation chimique, et la quantité de matière transformée dépend uniquement de la grandeur de la variation, quelles que soient les autres modifications des circonstances extérieures.

La *pression*, la *température* et la *force électro-motrice* sont donc trois facteurs ou causes des changements chimiques par dissociation, et, pour mieux marquer ce caractère commun, en même temps que pour simplifier le langage, nous les réunirons sous le nom de *Tensions*, en généralisant ainsi la signification de ce mot, appliqué usuellement aux efforts de déformations élastiques par allongement.

Equilibre chimique. — On peut, en résumé, exprimer comme il suit les lois de la dissociation :

1° L'état chimique d'un système est stationnaire quand les tensions extérieures : pression, température et force électro-motrice, ne varient pas.

2° Il y a transformation chimique du système quand les tensions, ou l'une d'elles, varient, même d'une quantité infiniment petite.

Il est impossible de méconnaître, dans cet état stationnaire, un véritable cas d'équilibre d'une nouvelle espèce, mais comparable à un équilibre mécanique, thermique ou électrique. Ce n'estpas un cas de repos chimique, car lorsqu'il y a repos chimique, c'est une variation *finie* des tensions qui détermine une réaction chimique, tandis que dans la dissociation, la variation la plus faible de pression, de température ou de force électro-motrice est suffisante pour entraîner une modification chimique du système.

La notion d'équilibre chimique est ainsi la conséquence directe des faits de dissociation.

Réversibilité chimique. — La dissociation est un phénomène *réversible* [1]. L'expérience montre en effet que quand, après avoir fait varier une des tensions ou toutes les tensions, on les ramène à leurs valeurs primitives, le système reprend le même état chimique. Quand après avoir passé d'un état quelconque à un état différent, par voie de dissociation, un système repasse en sens inverse par les états intermédiaires, les tensions qui satisfont à l'équilibre reprennent leurs valeurs primitives.

Cette existence de la réversibilité dans les équilibres chimiques est indispensable pour qu'on puisse leur appliquer certaines des lois de la thermodynamique.

IV

Mouvement et déplacements chimiques. — On peut maintenant, grâce à la distinction qui vient d'être établie entre le repos et l'équilibre, faire une classification rationnelle des modifications de toute nature qui s'accomplissent dans un système.

1° *Changement physique.* — Ce système peut subir des modifications d'ordre purement physique (mécaniques, thermiques ou électriques), sans cesser d'être en état de repos chimique ; il suffit pour cela que le système contienne des liaisons ou des résistances intérieures capables de s'opposer aux trans-

[1] La réversibilité implique l'équilibre, mais c'est une propriété distincte de la stabilité de l'équilibre. Un équilibre peut être stable sans que la succession des états d'équilibre soit réversible ; c'est le cas des corps imparfaitement élastiques.

La réversibilité exprime ce fait que les valeurs des tensions qui satisfont à l'équilibre, pour un système donné, ne dépendent que de l'état du système, et un phénomène réversible n'est pas autre chose que la succession, l'ensemble des états d'équilibre des systèmes susceptibles de réversibilité.

formations chimiques. C'est ainsi qu'un mélange d'oxygène et d'acide chlorhydrique peut être comprimé, échauffé sans devenir le siège d'aucune réaction chimique. En général, la transformation chimique s'accomplit plus lentement que les changements mécaniques et thermiques, et quand les variations des tensions extérieures sont suffisamment rapides, le système peut être considéré, dans cet intervalle de temps, comme restant au repos chimique.

Dans ces changements, le système passe d'un état de repos à un autre état de repos, identique au point de vue chimique. Ces changements peuvent d'ailleurs être réversibles ou non, suivant qu'il y a ou non équilibre entre les tensions du système et les tensions extérieures.

2° *Mouvement chimique.* — Le même système à l'état de repos, c'est-à-dire hors d'équilibre chimique, pourra, s'il est abandonné à lui-même après qu'on a supprimé les liaisons qui s'opposent aux transformations, éprouver des modifications chimiques spontanées, phénomène qui n'est jamais réversible, puisqu'il ne consiste pas dans une succession d'états d'équilibre. Dans ce cas, le corps part d'un état de repos, pour se rapprocher d'un état d'équilibre. Ainsi le mélange d'oxygène et d'acide chlorhydrique, qui, chauffé à la température de 400°, reste à l'état de repos, entrera en réaction au contact d'une petite quantité d'oxyde de cuivre qui suffit pour annuler l'action des liaisons internes (procédé Deacon pour la fabrication du chlore); il se produit alors du chlore et de la vapeur d'eau.

Le retour d'un système à l'état d'équilibre par voie irréversible peut se faire dans des conditions différentes au point de vue des circonstances extérieures. Les deux cas les plus importants à considérer sont celui où le système chimique est *isolé*, et où la transformation chimique s'effectue à volume invariable et sans échange de chaleur avec l'intérieur (combinaison de H + O en vase clos), et celui où le système est maintenu sous *Tensions fixes :* c'est-à-dire où la transformation chimique s'accomplit sans que la pression, la température et la force électro-motrice extérieures varient. C'est le cas de la plupart des réactions effectuées dans nos laboratoires.

Les quantités de chaleur et de travail dégagées ou absorbées par le fait de la réaction chimique dans une transformation s'effectuant à Tensions fixes sont appelées *chaleur latente, travail latent* à Tensions fixes. C'est cette chaleur latente que l'on mesure dans les opérations calorimétriques qui s'effectuent presque toujours à Tensions fixes.

3° *Dissociation.* — Un système chimique sans liaisons intérieures ou dont les liaisons ont été rompues par un artifice convenable (action de présence, action de la lumière, etc.), et qui est par suite à l'état d'équilibre chimique, peut éprouver des modifications réversibles à la fois d'ordre physique et chimique. Ce sont en fait les changements subis dans la dissociation (dissociation de l'iodure de mercure, du carbonate de chaux, dissolution des sels, vaporisation de l'eau). Dans ce cas, l'état chimique du système varie avec son état mécanique, thermique et électrique.

Systèmes à tensions fixes de dissociation. — L'équilibre chimique peut être stable, et alors si l'une des tensions varie infiniment peu, le coefficient de dissociation varie d'une quantité infiniment petite, et sa valeur est entièrement déterminée pour des valeurs déterminées des Tensions d'équilibre; c'est le cas de la dissociation de l'iodure de mercure, de l'acide iodhydrique, etc. Il n'y a pas de cas d'équilibres chimiques instables; mais il y a des équilibres chimiques indifférents; toute variation d'une Tension entraîne alors la transformation chimique d'une masse *finie* du système, et le coefficient de dissociation peut varier, sans que les Tensions d'équilibre varient. De plus ces variations ont pour limite même, les états limites du système. C'est là la dissociation à Tensions fixes, où l'on peut faire passer le système d'un état chimique défini à l'état opposé, sans faire varier les tensions d'équilibre. Ainsi, l'eau peut être vaporisée complètement, par exemple à 100° et sous la pression 760^{mm}, et le carbonate de chaux peut être décomposé totalement dans les mêmes conditions de fixité des tensions, à la température de 812° et sous la pression 760^{mm}.

Dans ces systèmes à tensions fixes de dissociation, on observe, et c'est là ce qui constitue la loi des Tensions fixes, que les éléments libres homogènes qui composent les états intermédiaires du système (eau et vapeur dans le premier exemple cité; sel, acide et base dans le second exemple) conservent un état et une composition invariables, quel que soit le degré de dissociation. Mais toutes les fois que la transformation chimique a pour effet de faire varier l'état chimique des constituants homogènes du système, soit en créant ou supprimant des composés définis, soit en diminuant ou augmentant le titre des mélanges, soit en modifiant l'état d'agrégation des éléments (condensation, cristallisation, etc.) l'expérience a fait reconnaître que les tensions d'équilibre varient avec le degré de dissociation. C'est le cas des *systèmes* totalement homogènes, tels que celui formé par la dissociation de la vapeur d'iodure de mercure, ou de *systèmes* formés de la juxtaposition d'éléments homogènes dont la composition peut varier. Tel est le cas de la dissociation du carbo-

nate de baryte; en effet le carbonate de baryte, sel fusible, dissout la baryte, en sorte que le système comprend un mélange dont le titre varie avec le degré de dissociation. De même une dissolution saline non saturée, dont la concentration est variable, aura à température fixe une tension de vapeur variable avec cette concentration.

L'existence des tensions fixes de dissociation n'a donc lieu que dans des cas particuliers d'équilibre chimique et n'a pas la généralité qu'on lui a souvent attribuée. Mais l'étude des systèmes à tensions fixes présente un grand intérêt, parce que, d'une part, tout système à tensions variables peut être considéré comme un système à tensions fixes, s'il s'agit d'un changement chimique infiniment faible, et que, d'autre part, les lois numériques des systèmes à tensions fixes sont les plus simples et les données numériques qui s'y rapportent, les plus faciles à recueillir. En outre, cette loi des tensions fixes formulée par M. Debray a été le point de départ de la majeure partie des recherches relatives à la dissociation qui ont été effectuées par les élèves de H. Sainte-Claire-Deville.

Du caractère de la dissociation à tensions fixes résulte cette conséquence que tout élément libre homogène engagé dans un système en équilibre n'intervient pas par sa masse. On peut, dans le système, ajouter une certaine masse de cet élément, ou en enlever sans troubler l'équilibre; on peut faire varier, par exemple, la quantité de sel au contact d'une solution saturée, la quantité de chaux au contact du carbonate de chaux dissocié. Tandis qu'en mécanique la masse intervient dans l'équilibre, et est un facteur de la force mécanique, en chimie la masse est sans influence, et la force chimique d'un corps, c'est-à dire sa capacité de réaliser un état d'équilibre, ne dépend pas de sa masse.

Dans les systèmes à tensions variables, dans les systèmes homogènes par exemple, toute variation dans les proportions de l'un des corps engagé dans un mélange détruit l'équilibre; en sorte que la densité apparente du corps (c'est-à-dire la densité du corps supposé occuper le volume total du mélange), est un facteur interne de l'équilibre; c'est ce que l'on appelle l'*action de masse*, expression impropre puisque la masse absolue du corps est sans influence sur l'équilibre.

(La fin prochainement.)

H. Le Chatelier,
Ingénieur en chef des Mines.

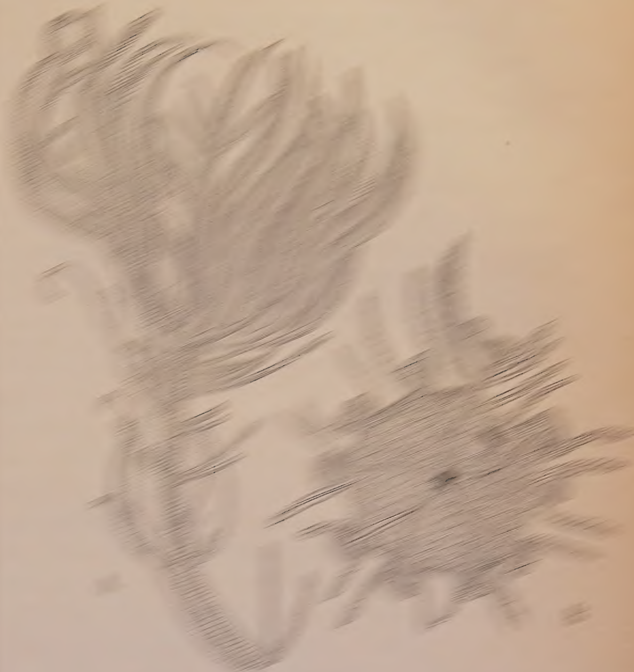
G. Mouret,
Ingénieur des Ponts et Chaussées.

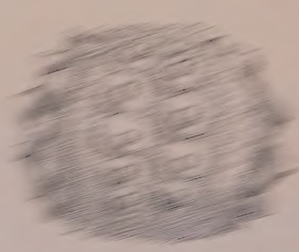
LES IDÉES NOUVELLES SUR LES ÉCHINODERMES

Nos connaissances sur l'organisation des Échinodermes ont fait en ces dernières années des progrès considérables, et la morphologie générale du groupe peut être indiquée dès maintenant, au moins dans ses traits essentiels. Après avoir lu les importants travaux qui ont paru depuis dix ans sur ce sujet, on pourra bien reconnaître qu'il reste encore certains problèmes de détail à élucider; on remarquera que les idées de l'école française diffèrent sur des points importants de celles des naturalistes allemands et anglais; mais il est possible de prévoir un moment où l'accord se fera. Combien nos connaissances sont plus complètes qu'à l'époque, peu éloignée cependant puisqu'elle remonte à quelques années à peine, où l'on croyait à l'existence d'un cœur et d'un système circulatoire, où l'on confondait ce système avec l'appareil aquifère! Nous ne pouvons rappeler ici les transformations successives des données *classiques* sur les Échinodermes, malgré tout l'intérêt que présenterait cette revue historique; nous nous proposons seulement d'indiquer, non pas tous les détails de l'organisation de ces animaux, mais seulement les traits de structure caractéristiques, de montrer sous quelle forme plus ou moins modifiée les mêmes dispositions fondamentales se retrouvent dans chaque classe, et de rechercher les renseignements que fournissent l'embryologie et la paléontologie réunies sur l'évolution du groupe.

I

L'embranchement des Echinodermes constitue l'un des groupes les plus naturels et les plus homogènes du règne animal. Sans parler, pour le moment, de l'organisation interne dont nous aurons à montrer l'uniformité remarquable, l'incrustation calcaire des téguments et la symétrie, ordinairement pentaradiée, sont des caractères qui frappent immédiatement, le dernier surtout. L'Astérie (fig. 1) a cinq rayons; le Crinoïde (fig. 2, A et B) a cinq bras ramifiés; l'Oursin (fig. 3) constitue une sphère avec cinq bandes renfermant toutes les mêmes organes; et l'Holothurie (fig. 4) offre un corps cylindrique avec cinq bandes analogues. Quelle que soit la forme du corps d'un Échinoderme. il est toujours possible de faire passer par la bouche cinq plans verticaux également distants l'un de l'autre, et qui renferment les organes les plus importants; ce sont les plans radiaires ou *radius*, entre lesquels se trouvent cinq plans intermédiaires ou *interradius*.





(fig. 5, 6 et 7, *f. o.*). Cet anneau porte des branches radiaires (*f. r.*), qui fournissent des ramifications

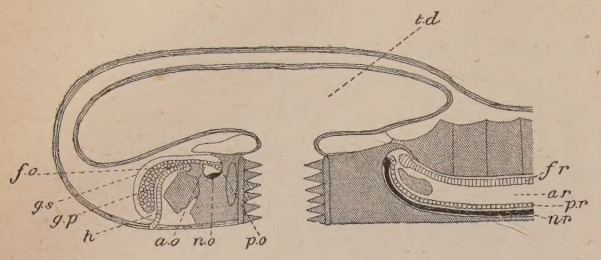


Fig. 5. — Coupe sagittale d'une Ophiure, d'après Kœhler. — *f. o.*, cercle aquifère oral; *f. r.*, troncs aquifères radiaires; *h.*, canal hydrophore; *a. o.*, cercle oral sous-ambulacraire; *a. r.*, cavité sous-ambulacraire-radiaire; *p. o.*, cercle oral plastidogène; *p. r*, ses prolongements radiaires; *g. p.*, glande ovoïde; *g. s.*, son enveloppe; *n. o.*, cercle nerveux oral; *n. r.*, nerfs radiaires; *t. d.*, tube digestif.

latérales s'ouvrant à la base des tubes ambulacraires; l'eau ambiante pénètre dans cet appareil par un tube (*h*) autrefois appelé *canal du sable*, qui s'ouvre sous la plaque madréporique criblée de trous, et provoque ainsi l'érection des tentacules [1].

L'importance phylogénétique de cet appareil est indiquée par son apparition précoce chez la larve.

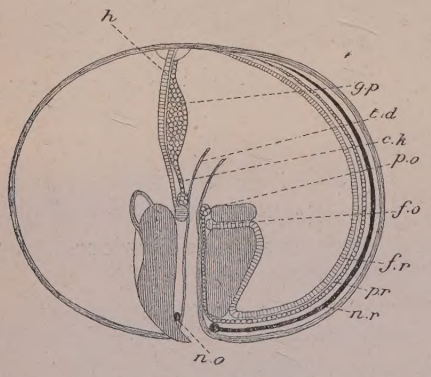


Fig. 6. — Coupe sagittale d'un Oursin régulier, d'après Kœhler. — *h.*, canal hydrophore; *t. d.*, tube digestif (œsophage); *f. o.*, cercle aquifère oral; *f. r.*, ses prolongements radiaires; *p. o.*, anneau plastidogène oral; *p. r.*, ses prolongements radiaires; *c. k.*, canal de Kœhler; *g. p.*, glande plastidogène ou madréporique; *n. o.*, cercle nerveux oral; *n. r.*, nerfs radiaires.

L'ébauche de l'appareil se constitue de bonne heure sous forme d'un anneau périœsophagien qui pousse rapidement un prolongement latéral; ce dernier ne tarde pas à s'ouvrir au dehors; il fonctionne dès lors comme canal hydrophore. Il conserve chez l'adulte les mêmes relations que chez la larve; il se complique seulement dans sa région distale par le développement de nombreuses ramifications secondaires qui traversent la plaque madréporique et s'ouvrent au dehors par des entonnoirs vibratiles. Le trajet du canal hydrophore (fig. 5, *h.*) varie d'ailleurs suivant la position de la plaque madréporique qui peut être située sur la face orale ou sur la face aborale. Lorsqu'il existe plusieurs plaques madréporiques, on trouve aussi un nombre correspondant de canaux hydrophores; c'est ce qui arrive chez les Astéries à plus de cinq bras.

Cette augmentation des canaux hydrophores, tout à fait anormale chez les Astéries, devient la règle chez les Crinoïdes (fig. 7). Ici le système aquifère offre un haut degré de complication; mais on peut facilement se rendre compte des transformations à la suite desquelles il s'est établi. Tout d'abord il se forme chez la larve un seul canal hydrophore comme d'habitude, puis, à côté de lui, en apparaissent successivement d'autres qui vont tous s'ouvrir au dehors par des entonnoirs vibratiles. De plus la région moyenne de ces canaux se modifie étrangement : elle se développe, s'élargit, se cloisonne en tous sens, et entre en rapport avec des canaux dépendant de la cavité générale pour former un plexus intercalé entre les extrémités distale et proximale des canaux hydrophores, le *plexus labial* (fig. 7, *p. l.*). Le système comprend donc, en définitive, des entonnoirs vibratiles (fig. 7, *v.*) (extrémités distales des canaux hydrophores primitifs) amenant l'eau dans les cavités du plexus labial, dans lesquelles plongent à leur tour les *tubes hydrophores* (*h*) qui partent de l'anneau aquifère (extrémités proximales de ces mêmes canaux).

Chez les Holothuries, la communication du canal hydrophore avec l'extérieur, qui s'établit chez la larve, s'oblitère chez l'adulte et le canal s'ouvre dans la cavité générale.

Le système aquifère constitue un appareil bien distinct et d'une étude facile, sauf chez les Crinoïdes, où on l'a méconnu pendant fort longtemps. Il n'en est plus de même de ces formations importantes, très caractéristiques, elles aussi, des Échinodermes, et dont on désignait autrefois l'ensemble sous le nom très impropre de *système circulatoire*. De combien de recherches ce prétendu système circulatoire a été l'objet, combien de descriptions différentes en ont été données, c'est ce qu'on imaginerait difficilement. Disons de suite que les formations décrites sous ce nom ne constituent pas moins de trois systèmes distincts.

Le premier système est composé de canaux en relation avec la cavité générale et comprenant un anneau œsophagien ou labial (fig. 5, *a.o.*) dans lequel s'ouvrent cinq branches radiaires (*a.r.*). Ces canaux sont placés en-dessous ou en dehors des vaisseaux aquifères : aussi M. Perrier leur a-t-il donné le nom de *cavités sous-ambulacraires*, mieux choisi que celui de *cavités péritonéales* sous lequel on les désignait jadis. Un diverticulum de l'anneau

[1] La dénomination de canal du sable, qui rappelle l'incrustation calcaire tout à fait anormale de ses parois, doit être remplacée par celle de *tube* ou *canal hydrophore* proposée par M. Perrier.

labial, formant une sorte de sac (*g.s.*) qui enveloppe la glande ovoïde, appartient aussi à ce système. Ces cavités constituent des gaines protectrices aux nerfs et à l'appareil plastidogène dont nous parlerons plus loin. Bien qu'elles communiquent avec la cavité générale, elles ont une origine embryogénique différente. La cavité générale s'établit aux dépens de diverticules de l'intestin de la gastrula : elle est d'origine *entérocœlienne*; les cavités sous-ambulacraires apparaissent au contraire sous forme de fentes, de lacunes, dans le tissu conjonctif, lesquelles s'organisent ensuite en canaux ; elles sont d'origine *schizocœlienne* et entrent secondairement en rapport avec la cavité générale. Ces cavités peuvent d'ailleurs rester simples (Échinides) (fig. 8) ou se diviser en deux (fig. 9) par une cloison verticale (Astéries) ou horizontale (*c.*) (Ophiures, Holothuries), ou former un grand nombre de cavités secondaires. C'est ce qui arrive chez les Crinoïdes dont les bras renferment plusieurs cavités (fig. 10, *a.r.*) et chez lesquels l'anneau labial s'est transformé en un plexus labial; l'enveloppe de la glande ovoïde s'est creusée de canaux anastomosés qui forment le *plexus génital* (fig. 7, *p.g.*) et qui communiquent avec le plexus labial. De plus, les choses se compliquent chez les Crinoïdes par le cloisonnement de la cavité générale elle-même, qui se divise en nombreux compartiments, prend même par place une structure spongieuse (*g.c.*); aussi existe-t-il chez l'adulte un enchevêtrement inextricable de canaux qu'on appelait autrefois des vaisseaux, et dont l'étude du développement peut seule montrer la signification. Enfin, ces canaux peuvent acquérir une ouverture externe; certains d'entre eux s'ouvrent sur les faces latérales ou dorsales du disque à l'aide d'entonnoirs vibratiles (*v'*) de tous points comparables à ceux dont nous parlions à propos du système aquifère. Il en résulte donc que les Crinoïdes adultes possèdent deux sortes d'entonnoirs vibratiles : les uns (*v*), qui s'ouvrent sur la face orale, conduisent l'eau dans le plexus labial et de là, par les tubes hydrophores, dans l'anneau aquifère : ils correspondent aux canaux hydrophores primitifs; les autres (*v'*) conduisent l'eau, après un long circuit à travers les cavités du corps, dans les cavités sous-ambulacraires des bras.

Fig. 8. — Coupe transversale d'une zone ambulacraire d'Echinide régulier, d'après Prouho; *n. r.*, nerf radiaire; *f. r.*, canal aquifère radiaire; *p. r.*, cordon plastidogène radiaire; *a. r.*, cavité sous-ambulacraire.

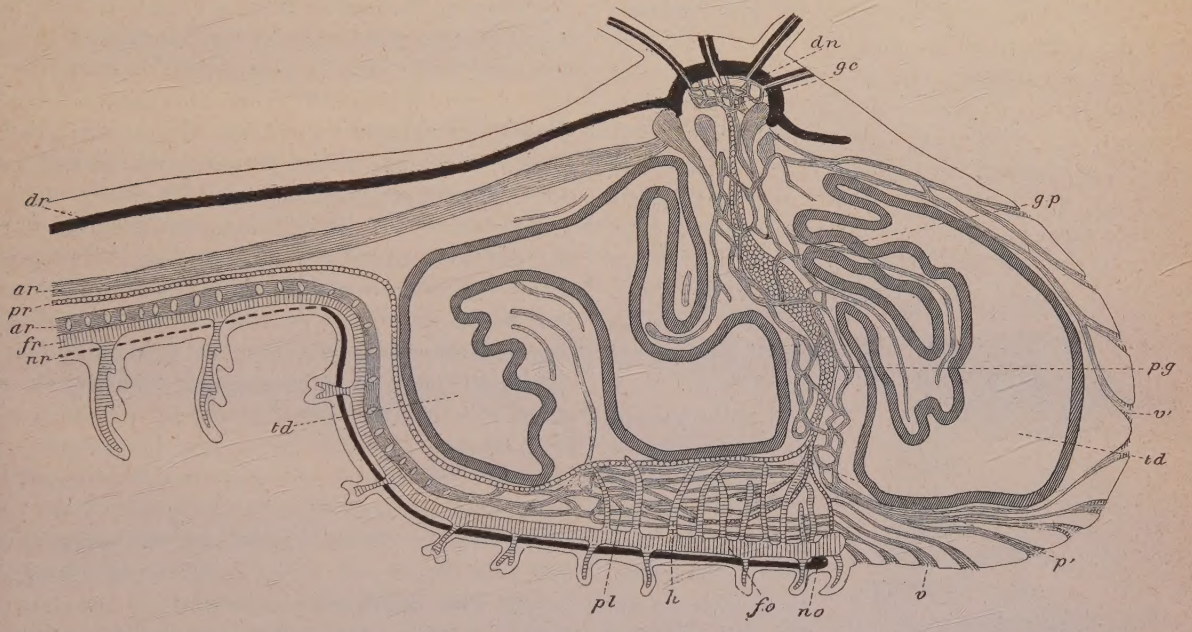


Fig. 7. — Coupe sagittale d'un Crinoïde (Comatule), d'après M. Perrier. Mêmes lettres que dans les figures précédentes; *g. c.*, parties endiguées de la cavité générale formant l'*organe cloisonné*; *d. n.*, anneau nerveux dorsal; *d. r.*, ses prolongements radiaires; *h.*, tubes hydrophores; *p. l.*, plexus labial; *p. g.*, plexus génital; *v.*, entonnoirs vibratiles conduisant dans le plexus labial; *v'*, entonnoirs vibratiles conduisant dans les cavités des bras.

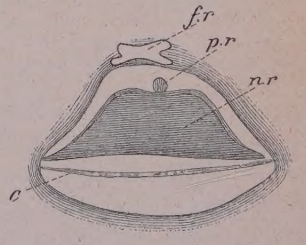


Fig. 9. — Coupe transversale d'un bras d'Ophiure, d'après Kœhler; *n. r.*, nerf radiaire; *f.* r.; canal aquifère radiaire; *p. r.*, cordon plastidogène radiaire; *c.*, cloison divisant en deux étages la cavité sous-ambulacraire.

Chez les Holothuries et les Oursins, l'anneau labial a disparu.

III

Un autre appareil très important pour la physiologie de l'échinoderme est l'appareil *plastidogène*, qui donne naissance aux corpuscules figurés, ou *amœbocytes*, du liquide de la cavité générale. Cet appareil comprend une glande centrale volumineuse (fig. 5, 6 et 7 *g. p.*), appelée indifféremment *glande ovoïde*, *dorsale* ou *madréporique*, — c'était le *cœur* des anciens zoologistes — qui fournit un prolongement (fig. 6, *c. k.*) formant autour de l'œsophage un anneau particulier (*p. o.*), l'anneau de Ludwig, duquel partent cinq prolongements ou cordons radiaires (*p. r.*). Toutes ces parties sont renfermées dans les cavités sous-ambulacraires. La glande et ses prolongements radiaires présentent d'ailleurs la même structure : des trabécules conjonctives formant des mailles dans lesquelles sont logées des cellules. A mesure qu'elles se développent, les cellules se rapprochent de la périphérie, se chargent de pigment et se détachent de l'organe qui leur avait donné naissance pour tomber dans le liquide de la cavité générale sous forme d'amœbocytes. Cette formation d'éléments figurés a surtout son siège dans la glande ovoïde qui est l'organe plastidogène par excellence.

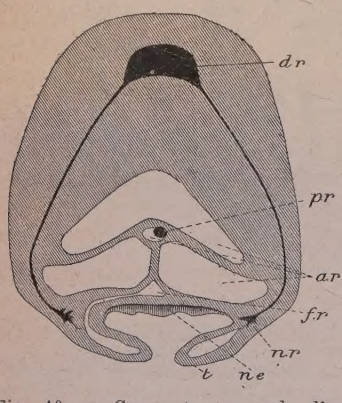


Fig. 10. — Coupe transversale d'un bras de Comatule, d'après Hamann. Mêmes lettres que dans les figures précédentes ; *n. e.*, système nerveux épithélial des bras ; *d. r.*, nerf dorsal des bras ; *a. r.*, cavités des bras dont l'ensemble répond au système des cavités sous-ambulacraires ; *t.*, testicule.

Il est important de remarquer que cet appareil est constitué par des formations pleines ; cependant, en certains points, les mailles du tissu conjonctif peuvent s'élargir au point de former de véritables canaux à parois irrégulières.

L'appareil plastidogène offre sa plus grande simplicité chez les Stellérides. Chez les Échinides réguliers, l'anneau de Ludwig est élargi et creusé d'une cavité, et il est en rapport avec l'appareil absorbant. Il en est de même chez les Holothuries où l'anneau est diffus et très mal limité ; ici la glande est atrophiée et n'est plus représentée que par une traînée cellulaire dans le mésentère dorsal. Chez les Crinoïdes, les dispositions sont plus compliquées. Outre les cordons radiaires qu'elle envoie dans les bras, la glande fournit un certain nombre de branches qui pénètrent dans les canaux du plexus labial, et s'y ramifient (*p'*, fig. 7) : l'anneau plastidogène est donc ici diffus et spongieux.

L'appareil plastidogène ne fournit pas seulement les corpuscules figurés du liquide de la cavité générale ; il donne aussi naissance aux organes génitaux. Chez les Crinoïdes, les cordons radiaires des bras, autrefois appelés les *rachis génitaux*, envoient à droite et à gauche des branches qui pénètrent dans les pinnules et y constituent les organes génitaux. Chez les Astéries et les Échinides, c'est un prolongement de la glande ovoïde qui, chez la larve, constitue l'ébauche des organes génitaux ; mais les connexions de ces organes avec la glande disparaissent de fort bonne heure et l'on n'en retrouve plus de traces chez l'adulte.

Les deux appareils que nous venons de décrire, l'appareil plastidogène et le système des cavités sous-ambulacraires, se présentent chez les Stellérides sous leur forme la plus simple et en quelque sorte la plus typique. Mais dans les autres classes, il vient s'y ajouter un système *absorbant* formé de lacunes développées dans les parois de l'intestin, et dont l'apparition cause des troubles plus ou moins profonds dans les dispositions primitivement simples des deux autres systèmes, avec lesquels il peut même entrer en communication. Chez les Echinides, la disposition de ces lacunes et des canaux dans lesquels elles se déversent est très compliquée ; mais ces canaux se réunissent en définitive en un canal qui s'ouvre dans le cercle plastidogène oral. Comme ce cercle est creux, les substances absorbées par les lacunes intestinales pourront le traverser facilement et de là elles pénétreront, par l'intermédiaire du canal appelé par M. Perrier *canal de Kœhler* (fig. 6, *c. k.*), dans l'organe plastidogène, auquel elles fourniront les matériaux nécessaires à la formation des amœbocytes. Les systèmes plastidogène et absorbant possèdent donc en commun le même anneau œsophagien, et c'est grâce à cette circonstance qu'on a si longtemps confondu ces deux systèmes ; mais il est fort important de les distinguer et de savoir que l'appareil absorbant ne fait qu'*emprunter* à l'appareil plastidogène son anneau œsophagien. De plus, l'appareil absorbant entre aussi en relation avec l'appareil aquifère par des communications qui s'établissent au niveau des vésicules de Poli chez les Réguliers, et de la glande ovoïde, à la suite d'une disparition partielle du tube hydrophore, chez les Irréguliers.

Chez les Holothuries, le système absorbant est très développé ; il emprunte aussi à l'appareil plastidogène son anneau œsophagien, mais il ne paraît contracter aucune relation avec l'appareil aquifère. Chez les Crinoïdes, les parois de l'intestin renferment également de grandes lacunes qui se continuent dans les feuillets mésentériques et sont ainsi en communication avec les cavités des plexus

labial et génital. D'autre part, ces dernières sont en communication avec les cavités sous-ambulacraires; aussi, par suite de l'établissement de ces connexions multiples, le système absorbant est-il moins distinct que dans les deux groupes précédents.

L'apparition de l'appareil absorbant chez les Echinodermes a donc modifié, à des degrés divers, les rapports entre eux et la séparation originelle des systèmes aquifère, sous-ambulacraire et plastidogène, qui est encore conservée chez les Stellérides. Mais quelles que soient les modifications qui surviennent, et malgré les connexions qui s'établissent secondairement, tous ces appareils n'en conservent pas moins leur autonomie. L'étude que nous en avons faite nous a montré qu'il ne saurait plus maintenant être question d'un système circulatoire chez les Echinodermes. Il y a un appareil destiné à produire les amœbocytes; un appareil absorbant qui apporte à celui-ci les substances assimilées; un appareil aquifère qui permet l'entrée et la sortie de l'eau de mer, c'est-à dire l'extension ou la rétraction des tubes ambulacraires; enfin des lacunes schizocœliques ou des portions endiguées de la cavité générale formant des canaux ou des plexus, mais il n'y a ni sang, ni vaisseaux, ni système circulatoire, ainsi que M. Perrier l'a nettement indiqué le premier.

Les quatre appareils que nous venons de décrire sont absolument caractéristiques des Echinodermes, et l'on rechercherait en vain des dispositions analogues dans d'autres groupes; il était donc important d'en connaître les modifications dans les quatre classes de ce groupe. Quant aux autres appareils, leur importance est beaucoup moindre pour la morphologie générale du groupe ; ils n'offrent guère qu'un intérêt descriptif et ils sont d'ailleurs suffisamment connus par les descriptions classiques. Je dirai cependant quelques mots du système nerveux qui a été fréquemment l'objet de descriptions inexactes et qui offre une évolution particulièrement intéressante.

IV

C'est chez les Astéries que le système nerveux offre la disposition la plus primitive et la plus embryonnaire : il est peu développé et encore peu distinct de l'épithélium. Il consiste en cinq rubans sous-épithéliaux radiaires qui partent d'un anneau sous-épithélial péribuccal. Dans les autres groupes, le système nerveux abandonne sa situation superficielle pour s'enfoncer dans les tissus sous-jacents, condition que fait déjà présager la migration, chez les Astéries, de cellules nerveuses dans la cloison médiane qui divise la cavité sous-ambulacraire. Le système nerveux offre la même disposition chez les Ophiures, les Échinides et les Holothuries (fig. 5 et 6, *n. o.* et *n.r.*) ; mais chez les Crinoïdes, il est beaucoup plus compliqué. Il existe d'abord un anneau buccal avec branches radiaires (fig. 7, *n. o.* et *n.r.*) ayant la même disposition que dans les trois classes précédentes, avec cette différence que les branches radiaires sont doubles (fig. 10, *n. r.*). De plus il existe dans chaque bras, au niveau de la ligne médiane, un système nerveux sous-épithélial (*n. e.*) Les Crinoïdes offrent donc réunies les dispositions observées chez les Astéries d'une part, chez les autres Échinodermes d'autre part. Mais il existe en plus un gros anneau nerveux aboral (fig. 7, *d. n.*), envoyant de nombreuses ramifications dans les bras et dans le pédoncule. L'apparition de ce système nouveau est sans doute lié à la présence d'un pédoncule.

Le système nerveux a donc subi chez les Échinodermes un perfectionnement depuis les Astéries, chez lesquelles il garde une structure très simple, jusqu'aux Crinoïdes qui ne possèdent pas moins de trois systèmes nerveux. Mais si nous laissons de côté le cercle nerveux aboral et ses dépendances des Crinoïdes, qui représentent une formation tout à fait spéciale, nous voyons que le système nerveux, lui aussi, est composé chez les Echinodermes, de parties très semblables et disposées de la même manière.

En résumé, l'étude des systèmes organiques les plus importants et les plus caractéristiques nous révèle, dans tout le groupe de Échinodermes, une très grande conformité de structure. Tous les représentants actuellement vivants de ce groupe sont construits, non seulement suivant le même plan de structure radiaire, mais aussi suivant le même plan organique. Les différences les plus importantes que l'on observe d'une classe à l'autre sont ordinairement des modifications introduites secondairement (sauf bien entendu des différences dues, par exemple, à l'absence de système absorbant ou à l'état de simplicité du système nerveux), et elles ne viennent point troubler le plan de structure primitivement établi.

Les principaux phénomènes du développement restent identiques dans les différentes classes d'Échinodermes, et l'on trouverait difficilement dans le Règne animal un autre exemple d'une embryogénie présentant une aussi grande uniformité. Tous les Échinodermes sont des *Entérocœliens*, c'est-à-dire qu'après une segmentation totale il s'établit un gastrula par embolie avec deux diverticules entérocœliens; mais ce qui caractérise le groupe, c'est qu'une seule de ces vésicules formera la cavité générale, tandis que l'autre formera l'appareil aquifère. A partir du stade gastrula, les larves prennent les formes de *Pluteus*, *Bipinnaria*, *Auricularia*, etc., caractéristiques des différents groupes

et ne différant, en somme, les unes des autres que par la disposition des bandes ciliées ; elles perdent leur symétrie bilatérale pour acquérir la symétrie radiaire et subissent une métamorphose profonde dans les détails de laquelle nous ne pouvons entrer.

Or, malgré les ressemblances que présentent entre elles, dans leur organisation et leur développement, les différentes classes d'Échinodermes, et sur lesquelles nous venons d'attirer l'attention, il n'en est pas moins fort difficile de les rattacher les unes aux autres par un lien phylogénétique et de nous rendre compte de l'évolution du groupe. La difficulté tient à ce que l'embryologie ne nous fournit à cet égard aucun renseignement précis, et à ce que les données fournies par la paléontologie ne peuvent avoir l'importance qu'elles auraient, n'était une circonstance qui rend leur interprétation beaucoup plus délicate. C'est qu'en effet la morphologie externe des Échinodermes et la disposition des plaques du test ne sont pas du tout ne accord avec la morphologie interne : ainsi nous trouvons les plus grandes ressemblances anatomiques entre les Astéries et les Ophiures, tandis qu'il est impossible d'homologuer d'une manière satisfaisante certaines de leurs plaques. Or le groupe le plus ancien des Echinodermes, celui des Cystidés, ne nous est connu que par des restes fossiles ; et non seulement nous ne connaissons pas leur organisation, mais même nous trouvons sur leur test des structures particulières, des ouvertures, que nous ne pouvons rapporter à des appareils connus chez les autres Échinodermes. Et qui nous dit que ces formes que nous considérons comme voisines, à les juger par leurs caractères extérieurs seuls, ne différaient pas l'une de l'autre par leur organisation interne? Si nous ne connaissions les Crinoïdes qu'à l'état fossile, nous ne supposerions certes pas que leur organisation est plus compliquée que celle des Échinides, qui cependant ont fait leur apparition longtemps après les Crinoïdes. Est-ce à dire qu'il faille pour cela renoncer à chercher, et surtout à trouver, des liens de parenté entre les cinq classes d'Échinodermes connues ? Non, incontestablement, et je veux en terminant cet article, examiner rapidement les renseignements que nous fournissent à cet égard, l'embryologie et la paléontologie.

V

L'anatomie comparée et l'embryologie mettent toutes deux en lumière un fait important, c'est que tous les Échinodermes actuellement vivants descendent d'une souche unique : le fait est maintenant indéniable. Mais quel a été cet ancêtre unique, qui, bien entendu, n'existe plus actuellement? La réponse la plus satisfaisante à cette question a été fournie par Semon. Cet auteur a montré que toutes les larves d'Échinodermes, avant d'acquérir leurs caractères différentiels, passaient toutes par un même stade auquel il donne le nom de *Pentactula* (fig. 11). Cette phase est caractérisée par la présence d'un tube digestif dont l'ouverture antérieure est entourée de cinq tentacules (les tentacules primaires), d'un anneau aquifère envoyant des branches dans les tentacules, et d'un tube hydrophore qui s'ouvre au dehors par un pore dorsal, enfin par la présence d'un anneau nerveux. La constance du stade Pentactula dans tout le groupe doit le faire considérer comme un stade palingénésique, et Semon en conclut que tous les Échinodermes ont eu pour ancêtre la même forme primitive représentée dans l'ontogénie par la Pentactula et à laquelle il donne le nom de *Pentactœa*. Cet ancêtre unique a fourni toutes les classes d'Échinodermes qui s'en sont détachées en direction divergente, car l'anatomie comparée, pas plus que l'embryologie ne permet de rattacher les Holothuries aux Échinides, les Crinoïdes aux Astéries et aux Échinides par des liens de descendance. Cette Pentactœa devait avoir avec les larves des autres Entérocœliens, du *Balanoglossus* et des *Chordata* en particulier, des relations très étroites, mais qu'il nous est absolument impossible de préciser actuellement.

Fig. 11. — Larve Pentactula, d'après Semon.

L'étude de l'organisation et du développement des Échinodermes permet donc de reconstituer l'ancêtre *hypothétique* du groupe. La Paléontologie à son tour, et dans un tout autre domaine, nous fournit des données qu'on ne peut comparer avec celles de l'embryologie puisqu'il s'agit d'un ordre de faits tout différent, mais qui, tout au moins, ne sont point incompatibles avec elles.

On a admis pendant longtemps que les Crinoïdes — auxquels on rattachait, comme sous-ordre, les Cystidés — étaient les ancêtres de tous les Échinodermes. Loven en particulier a cherché, avec un grand talent, à homologuer l'appareil apical d'un Échinide avec celui d'un Crinoïde. Mais cette manière de voir ne s'appuie que sur un petit nombre de preuves paléontologiques, et, de plus, la complexité anatomique que nous avons rencontrée dans l'organisation des Crinoïdes, en ce qui concerne particulièrement le système nerveux, l'appareil aquifère, etc., s'oppose absolument à ce qu'on

fasse de cette classe la souche des autres Échinodermes. A ce point de vue, il serait plus rationnel de considérer les Astéries, comme le type le plus primitif puisqu'elles offrent l'organisation la plus simple; de plus les Astéries se retrouvent jusque dans les terrains les plus anciens. D'ailleurs cette hypothèse a été maintes fois développée; elle est abandonnée aujourd'hui.

Les études paléontologiques les plus récentes ont montré que les Échinodermes ne constituent pas, par leur ensemble, une série linéaire, et ce résultat est parfaitement d'accord avec les résultats fournis par l'embryologie et l'anatomie comparée. Il existe cependant un grand nombre de formes de passage, mais ce sont les Cystidés qui représentent en quelque sorte le point commun vers lequel convergent tous les types de transition. La connaissance de ce fait important est due en grande partie aux recherches de Neumayr qui s'est appliqué à faire ressortir les liens qui unissaient les Cystidés aux autres classes d'Échinodermes. Ainsi que l'a montré ce savant, les Crinoïdes se rattachent par le *Cystocidaris*, et les Stellérides par le *Palæodiscus*, aux Cystidés dont le test est formé de plaques nombreuses et irrégulièrement disposées tels que l'*Agelacrinus* et le *Mesites*, tandis que les Cystidés à plaques peu nombreuses et régulièrement disposées sont reliés aux Crinoïdes par le *Porocrinus* et l'*Hybocystites*, et aux Blastoïdes par les genres *Codonaster* et *Asterosblastus*. Il est à remarquer que toutes les formes de passage que nous connaissons appartiennent aux terrains les plus anciens, et qu'on n'en trouve aucune dans les terrains plus récents, circonstance qui vient encore justifier la valeur que nous accordons à ces formes. C'est donc avec raison que Neumayr a exprimé dans le tableau suivant les relations de parenté des cinq classes d'Échinodermes.

Les Crinoïdes se sont détachés des Cystidés les premiers, et à une époque certainement très reculée, car les deux groupes nous apparaissent presque en même temps dans les terrains les plus anciens. On remarque que dans ce tableau il n'est pas question des Holothuries. C'est que ces Échinodermes, manquant de squelette cohérent, et dont les téguments ne renferment que des corpuscules calcaires isolés, ne sont guère susceptibles de conservation; leur parenté avec les autres groupes reste donc incertaine. Certaines formes encore actuellement vivantes présentent cependant un squelette assez développé et qui rappelle celui des Cystidés, les *Psolus* par exemple, et il est possible que l'origine des Holothuries puisse être rapportée à ce même groupe.

Les premiers Échinodermes qui ont apparu à la surface du globe devaient être des animaux fixés. Ainsi les Cystidés présentent presque tous un pédoncule, et les restes de formes que nous considérons comme libres sont fort rares. De plus les formes qui se sont détachées ensuite des Cystidées possédaient également un pédoncule: ainsi non seulement les Crinoïdes fossiles, mais encore un grand nombre de Crinoïdes actuellement vivants sont fixés, et les genres qui n'ont pas de pédoncule à l'état adulte en possèdent un pendant leur développement. Certaines Astéries offrent un prolongement de leur face dorsale à l'aide duquel elles se fixent aux corps étrangers, et qui est de tous points comparable au pédoncule des Crinoïdes : tels sont les *Caulaster pedonculatus* que nous a fait connaître M. Perrier et les *Hyaster mirabilis* étudiés par Danielssen et Koren. Or les Crinoïdes et les Astéries sont les deux classes qui se sont détachées le plus anciennement des Cystidés; chez les Echinides et les Holothuries qui sont plus récents, on ne connaît pas un seul exemple de forme pédonculée.

Cette fixation a été un phénomène si général et si constant qu'elle a très bien pu avoir une certaine influence sur l'organisme tout entier et la disposition des parties. Semon a même cherché à montrer que la fixation seule avait déterminé le changement de symétrie bilatérale en symétrie radiaire. Mais on doit convenir que cette explication n'est pas du tout satisfaisante, et dans l'état actuel de la science, il nous est malheureusement impossible de trouver une explication à cette symétrie radiaire qui nous apparaît si brusquement dans le groupe des Échinodermes. C'est bien là la raison pour laquelle ce groupe nous semble isolé et sans lien génésique avec le reste du Règne animal, car c'est évidemment la connaissance des causes qui ont déterminé cette symétrie pentaradiée, à laquelle est subordonnée toute l'organisation, qui sera pour nous la clef des affinités des Échinodermes. L'embryologie et la paléontologie ont pu nous fournir quelques données précieuses sur les relations entre elles des différentes classes; ces données sont encore bien incomplètes: au moins en concluons-nous à une unité d'organisation et à une forme ancestrale commune de laquelle se sont détachées, en divergeant, toutes les classes du groupe. Mais ces deux sciences restent absolument muettes sur tout ce qui concerne l'origine du groupe lui-même.

R. Kœhler,
Chargé d'un Cours complémentaire de Zoologie
à la Faculté des Sciences de Lyon.

REVUE ANNUELLE D'ASTRONOMIE

Dès que Daguerre eût fait connaître son procédé de photographie au mercure, en 1839, on fit diverses tentatives pour l'appliquer à l'astronomie. Les progrès furent d'abord très lents, surtout jusqu'à la découverte du procédé au collodion (1851) ; mais dès lors tous les perfectionnements qui ont augmenté la sensibilité des plaques ont en même temps élargi le champ de la photographie astronomique.

Enfin la découverte, récente encore, des plaques si sensibles au gélatino-bromure d'argent, vient de modifier profondément diverses méthodes d'observation, et même nous a révélé des astres qui par leur faiblesse échappent à notre œil. Non point que la plaque photographique soit, comme on le dit quelquefois à tort, plus sensible que la rétine ; elle l'est même beaucoup moins, mais parce qu'elle utilise un élément nouveau, le temps ; cet élément, presque sans importance pour l'œil, permet au contraire à la plaque sensible (qui emmagasine l'énergie lumineuse envoyée pendant de longs intervalles) de compenser et au-delà sa moindre sensibilité, et de révéler ainsi des objets que l'œil ne perçoit qu'à l'aide d'instruments beaucoup plus puissants. Aussi nous consacrerons cette revue principalement à la photographie astronomique, aux grandioses projets qu'en ce moment même elle permet d'entreprendre et aux découvertes dont elle vient d'enrichir la science.

Ainsi limitée, cette revue pourrait paraître trop restreinte, mentir même à son titre ; mais il n'en sera rien à cause de la multiplicité des circonstances où l'on a appliqué avantageusement la photographie à l'astronomie. D'ailleurs nous parlerons d'abord de deux questions importantes, partiellement élucidées en 1890 et auxquelles la photographie est jusqu'ici restée étrangère : la *rotation de Vénus* et la *variabilité des latitudes* terrestres.

I. — ROTATION DE VÉNUS

L'observation de cette planète, toujours voisine du Soleil, présente de véritables difficultés, et c'est à grand'peine qu'on y découvre de temps à autre un repère dont le déplacement révèle le mouvement de rotation. Herschel lui-même s'efforça vainement de saisir quelque indice permettant de se prononcer sur sa durée de rotation. Aussi les résultats obtenus par les astronomes depuis deux siècles sont-ils complètement contradictoires : Jean Dominique Cassini (1667) avait trouvé 23 jours pour la durée de rotation de Vénus sur elle-même. Les observations de Bianchinus (1728) et celles de Flaugergues (1822) conduisirent à une durée d'environ 24 jours. Jacques Cassini (1732), ayant repris la discussion des observations de son père et celle de Bianchinus, trouva qu'elles étaient représentées par une période de 23 h. 20 m. ; ce nombre fut alors accepté définitivement, passa dans les traités d'astronomie et se perpétua d'autant mieux jusqu'à nos jours qu'il parut confirmé par les observations de Schrœter (1793 et 1796), puis par celles des astronomes du Collège romain, qui donnaient cette durée à un dix-millième de seconde près.

En 1877, M. Schiaparelli à son tour essaya de saisir quelques détails sur Vénus, qu'il observa non dans le crépuscule, comme on le faisait généralement avant lui, mais en plein jour, même quand la planète était voisine du Soleil. La comparaison des nombreux dessins fournis par les observations qu'il a poursuivies pendant plus de dix années, lui a montré que la rotation de Vénus est très lente : elle doit être égale au temps de sa révolution autour du soleil qui est d'environ 225 jours.

Cette durée de rotation a été confirmée par les observations faites du 15 mai au 4 octobre 1890 à l'Observatoire de Nice par M. Perrotin, qui trouve que la véritable durée de rotation de Vénus ne peut pas différer de plus de 30 jours de la durée de sa révolution sidérable (225 jours), c'est-à-dire serait comprise entre 195 et 255 jours : on voit que nous sommes encore loin de la précision des fractions de seconde, avec laquelle on croyait avoir fixé autrefois la durée de rotation voisine de 23 heures.

II. — VARIATION DES LATITUDES

Si l'axe idéal autour duquel tourne la terre en 24 heures venait à se déplacer dans l'intérieur du globe, il en résulterait un changement de position des pôles géographiques, qui sont les points de la surface par lesquels passe cet axe idéal. Ce déplacement de l'axe de rotation entraînerait donc nécessairement le changement de distance de tous les points de la terre aux pôles, à l'équateur, c'est-à-dire le changement de leurs latitudes. Or on conçoit sans peine l'importance d'une variation de latitude de 10° ou 15° par exemple, puisque suivant le sens de ce changement Paris se trouverait transporté sous le climat de la Norwège ou sous celui de l'Algérie. Mais hâtons-nous de dire que des variations de cet ordre ne sont pas à prévoir ; même les observations les plus précises n'ont pu mettre en évidence un changement progressif et certain. Cependant M. Nyrén a trouvé, par l'ensemble des observations de Pulkova, l'indice d'une variation de latitude qui pourrait monter en cent ans à 1″, ce qui correspond à 30 mètres suivant le méridien. Un tel changement est actuelle-

ment sans importance au point de vue climatologique; mais il n'est pas négligeable pour les besoins de l'astronomie, qui détermine aujourd'hui les positions des astres à 0″,1 près, et qui a besoin de connaître à chaque instant la latitude du lieu d'observation avec une précision au moins égale. De là toute l'importance que l'on attache à cette question de la variabilité des latitudes.

Déjà, en 1865, M. Gaillot avait déduit des observations faites à Paris de 1856 à 1861 une variation annuelle de la latitude, le maximum correspondant à l'été, le minimum à l'hiver, et l'amplitude de l'oscillation autour de la valeur moyenne étant de ± 0″,25.

Au Congrès géodésique de Rome, en 1883, M. Fergola attira de nouveau l'attention sur la variabilité des latitudes et proposa un plan d'étude qui fut approuvé par ce congrès, mais qui ne reçut pas même un commencement d'exécution.

Des observations faites de 1884 à 1886 par M. Küstner à Berlin, pour déterminer le coefficient de l'aberration annuelle, conduisirent pour ce coefficient à une valeur qui parut inadmissible; et l'on ne vit d'autre explication de cette anomalie que l'hypothèse d'une variation de la latitude de Berlin. Devant ce résultat les observatoires de Berlin, Potsdam, Prague et Strasbourg, se concertèrent à partir de 1889 pour déterminer fréquemment leurs latitudes respectives suivant une méthode uniforme : les observations ainsi faites en 1889 et 1890 ont conduit à un résultat analogue à celui qu'avait obtenu M. Gaillot en 1865. On a également discuté à nouveau les anciennes déterminations de latitude de Greenwich, de Pulkova, etc., et presque toujours on a trouvé une variation de la latitude avec les saisons; de sorte que, malgré quelques discordances, le fait même de la variation se trouve à peu près définitivement établi.

Mais quelle en est la cause? Deux explications très admissibles ont été proposées :

1° La variation serait *réelle* et l'axe de rotation se déplacerait à l'intérieur de la terre, sous l'influence des phénomènes météorologiques, qui ont pour effet de transporter d'un point à un autre de la surface du globe des masses considérables d'air ou d'eau sous ses divers états.

2° La variation ne serait qu'*apparente* et due à ce que nous observons nécessairement les étoiles à travers l'atmosphère, dont la constitution peut ne pas répondre toujours et complètement aux hypothèses sur lesquelles est basée la théorie de la réfraction. Cette théorie suppose en effet une constitution parfaitement régulière de l'atmosphère, un état de repos qui n'est jamais complètement réalisé.

La question est donc loin d'être résolue; mais elle attire de plus en plus l'attention et sans doute dans peu d'années on aura le mot de l'énigme.

III. — PHOTOGRAPHIE CÉLESTE

Les premières lunettes servirent tout d'abord, paraît-il, à regarder la Lune et c'est de là que dérive leur nom. La Lune est également le premier objet céleste dont on ait obtenu l'image par la photographie.

Dans l'année même (1839) où Daguerre fit connaître son procédé de photographie au mercure, il essaya de fixer l'image de notre satellite; mais, malgré une pose prolongée, il n'obtint que des résultats bien imparfaits, une image très faible où les détails manquaient complètement.

En 1845, MM. Fizeau et Foucault obtinrent de bonnes images du Soleil. Cependant, comme nous l'avons dit, les progrès de la photographie astronomique furent d'abord très lents. Mais après la découverte du procédé au collodion (1851) les essais se multiplièrent et on obtint assez rapidement, dans les diverses branches, des résultats à peu près parfaits.

Pour la Lune, Warren de la Rue obtint, de 1852 à 1859, les belles photographies que tout le monde connaît.

Pour le Soleil, dès 1858, on avait installé près de Londres le célèbre photo-héliographe de Kiew destiné à fournir jour par jour des images du Soleil indiquant la position et la grandeur des taches. Cependant la photographie du Soleil a présenté des difficultés considérables qui n'ont été surmontées que par M. Janssen en 1877; la précision de ses photographies n'a pas été dépassée.

Enfin pour les étoiles, G. P. Bond obtenait en 1857 à l'observatoire de Cambridge, près de Boston, des images de couples stellaires comportant des mesures précises. Ses résultats firent même concevoir la possibilité de construire photographiquement une carte du Ciel, et en 1861 W. de la Rue entretint de ce projet l'Association britannique réunie à Manchester. Les essais de Rutherfurd, de Gould achevèrent de montrer la possibilité d'exécuter une telle carte, et seul le peu de sensibilité du procédé au collodion humide rendait ce travail difficile. Aussi quand on eut découvert (vers 1879) les plaques si sensibles au gélatino-bromure d'argent, tout était à point pour l'entreprise d'un tel travail. Toutefois, si personne alors ne doutait que la photographie permettrait d'exécuter une carte du Ciel avec bien plus de facilité que les anciennes méthodes, beaucoup d'astronomes craignaient qu'elle ne pût donner la position des étoiles avec une grande précision; mais tous les doutes furent bientôt levés par les travaux entrepris à l'Observatoire de Paris et par le succès de M. Pritchard

dans les déterminations photographiques de parallaxes stellaires, déterminations qui exigent, comme on sait, la plus haute précision.

IV. — CARTE PHOTOGRAPHIQUE DU CIEL.

Chacornac avait entrepris, à l'Observatoire de Paris, de faire des cartes de la région écliptique du Ciel, contenant toutes les étoiles jusqu'à la 13e grandeur inclusivement. A partir de 1873, MM. Henry frères continuèrent ce travail qui, dans le voisinage de la Voie lactée, devenait très laborieux, à cause du nombre immense d'étoiles à placer sur les cartes. Ces astronomes essayèrent alors, en 1884, d'employer la photographie, en se servant d'un de leurs objectifs de $0^m,16$ de diamètre, employé déjà pour le passage de Vénus de 1882, et achromatisé pour les rayons chimiques : ils obtinrent ainsi, dès les premiers essais, de beaux clichés d'une région de la Voie lactée. « Je fus si frappé, dit M. l'amiral Mouchez, directeur de l'Observatoire, de la beauté exceptionnelle de ce début, et de son extrême importance pour l'avenir de l'astronomie, que, malgré quelques difficultés administratives, je n'hésitai pas à accepter la proposition de MM. Henry, de faire construire immédiatement un grand appareil photographique spécial de $0^m,33$ d'ouverture, dont ils se chargeraient de faire la partie optique, notre habile artiste Gautier devant en faire la partie mécanique. » Le nouvel instrument, installé à l'Observatoire de Paris en 1885, donna les meilleurs résultats. Aussi sur la proposition de l'amiral Mouchez, l'Académie des Sciences, par une lettre du 15 octobre 1886, invita les astronomes des divers pays à un Congrès international pour discuter et proposer un plan en vue de la photographie du Ciel tout entier.

Cinquante-six astronomes, représentant 16 nations différentes, se rendirent à l'invitation de l'Académie, et la première réunion, présidée par le Ministre des affaires étrangères, eut lieu à l'Observatoire de Paris, le 16 avril 1887.

Ce Congrès avait deux résolutions fondamentales à prendre d'abord : la première, sur le genre d'instrument à choisir, réflecteur ou réfracteur; la seconde, sur l'étendue du travail à entreprendre.

On sait que les instruments réflecteurs, les *télescopes* comme on les appelle en France, ont l'avantage de pouvoir réunir en un seul point tous les rayons lumineux émanés d'un point éloigné, d'un astre quelconque quelle que soit la couleur de ces rayons. Il n'en est pas tout à fait de même des *réfracteurs* ou *lunettes*, dans lesquels les rayons sont condensés par un objectif achromatique [1]. Mais le maniement des télescopes exige, de la part de l'observateur, plus de soin et d'habileté que celui des lunettes; aussi, étant donné le grand nombre de personnes dont la collaboration serait nécessaire pour exécuter la carte du Ciel, on décida unanimement de donner, pour ce travail, la préférence aux lunettes. Même, remarquons-le immédiatement, on adopta les objectifs à deux verres seulement, achromatisés pour les rayons chimiques. Quant aux dimensions pour lesquelles l'instrument de Paris servit de type, elles furent fixées à $0^m,33$ d'ouverture et $3^m,43$ de distance focale, de sorte qu'une minute d'arc est représentée sur les clichés par une longueur de 1 millimètre. La carte entière couvrirait un globe de $3^m,43$ de rayon ou 7 mètres environ de diamètre.

Sur l'étendue du travail à entreprendre, on décida qu'il serait fait pour tout le Ciel deux séries de clichés : la première série à pose courte, qui comporte plus de précision dans les mesures, renfermant les étoiles jusqu'à la 11e grandeur et destinée à former un catalogue de toutes ces étoiles, au nombre d'environ un million et demi; la seconde série contenant les étoiles jusqu'à la 14e grandeur, dont le nombre est de 15 à 20 millions. D'ailleurs il fut entendu que chacune de ces deux séries serait faite en *double*.

Pour juger de l'étendue de ce travail, rappelons que l'étendue du Ciel tout entier, renferme un peu plus de 40.000 degrés carrés; d'autre part, avec l'objectif adopté, les plaques ne doivent être utilisées que jusqu'à 1° environ du centre du champ, c'est-à-dire sur une étendue de 4 degrés carrés. Pour couvrir le Ciel tout entier il faut 10.000 clichés, répétés deux fois pour chacune des deux séries, ce qui monte au total énorme de 40.000 clichés.

Le Congrès discuta ensuite les moyens pour assurer la conservation et la reproduction de ces

[1] Une lentille *simple*, agissant comme on sait à la façon d'un prisme, dévie plus fortement les rayons violets que les rayons rouges. Il en résulte que si, comme à l'ordinaire, l'objet regardé émet de la lumière de diverses couleurs, les bords de son image sont irisés, ce qui est très nuisible à la visibilité des détails. On évite, en grande partie, cet inconvénient capital par l'emploi combiné d'au moins deux lentilles formées de verres différents (crown et flint). En donnant aux deux lentilles des courbures convenables, on peut amener en coïncidence rigoureuse au foyer deux espèces différentes de rayons; alors les autres radiations subissent des déviations presque égales à celles des deux premières, de sorte que l'irisation des images disparaît presque complètement. Un objectif ainsi formé de plusieurs lentilles est un objectif achromatique, c'est-à-dire sans couleur. Si l'objectif est destiné à la photographie, on amène en coïncidence parfaite les foyers des rayons qui agissent le plus fortement sur la plaque sensible, les rayons chimiques, et l'on dit que l'objectif est achromatisé pour les rayons chimiques. Quand l'objectif doit servir à l'œil, on fait coïncider les radiations les plus brillantes du spectre, le jaune et le vert. Comme les miroirs amènent en coïncidence au foyer tous les rayons, quelle que soit leur couleur, ils sont complètement achromatiques, ce qui n'a jamais lieu qu'à peu près par un objectif.

clichés, les procédés pour remédier à la déformation de la couche sensible après son exposition à la chambre noire, etc. Mais beaucoup de ces questions ne pouvaient être résolues qu'après des études nouvelles dont furent chargés divers astronomes. Avant de se séparer, le Congrès nomma un Comité permanent chargé de poursuivre l'exécution du travail et formé de 11 membres élus, auxquels furent adjoints, comme membres de droit, les directeurs des Observatoires participant au travail.

En fait le Congrès primitif a été remplacé par ce Comité permanent qui s'est réuni de nouveau à Paris en septembre 1889, pour prendre des décisions sur les questions élucidées, et qui doit s'y réunir une dernière fois le 31 mars 1891, pour régler définitivement les derniers détails de l'exécution, pour prendre une décision sur les moyens d'utiliser le plus tôt possible les clichés obtenus, enfin pour assurer leur conservation.

Les Observatoires participants, au nombre de 19, sont les suivants, en allant du nord au sud :

Helsingfors (Finlande); Potsdam (Prusse); Oxford (Angleterre); Greenwich (Angleterre); Paris; Vienne (Autriche); Bordeaux; Toulouse; Vatican (Rome); Catane (Sicile); San-Fernando (Espagne); Alger; Tacubaya (Mexique); Rio de Janeiro (Brésil); Santiago du Chili; Sidney (Australie); Le Cap (Afrique Australe); La Plata (République Argentine); Melbourne (Australie).

V. — CONGRÈS DE PHOTOGRAPHIE CÉLESTE

Avant de se séparer en 1887, le Congrès de la Carte du Ciel émit le vœu qu'il fût créé un Comité spécial s'occupant, d'une manière générale, des applications de la photographie à l'astronomie, et ne laissant en dehors de son action que la construction de la Carte du Ciel. Ce Comité, que MM. Common et Janssen furent chargés d'organiser, s'est réuni pour la première fois à Paris du 20 au 24 septembre 1889, sous le nom de Congrès de photographie céleste. Il a examiné les nombreux sujets qui dépendent de son action et émis des vœux sur la manière dont leur étude doit être poursuivie.

VI. — TRAVAUX ET PROJETS DES ASTRONOMES AMÉRICAINS

Comme on a pu le remarquer, la liste des Observatoires qui collaborent à la Carte photographique du Ciel ne renferme aucun de ceux des États-Unis. C'est que pour construire cette carte les astronomes nord-américains donnent la préférence aux objectifs photographiques à 4 verres, analogues à ceux qu'on emploie pour les paysages, à l'exclusion de ceux à deux verres adoptés par le Congrès de Paris en 1887. Ces derniers ne donnent en effet qu'un champ bien petit (2° de côté ou 4° carrés), tandis qu'on peut construire des objectifs à 4 verres de grandes dimensions et donnant de bonnes images sur toute l'étendue d'au moins 5° de côté, 25° carrés, ou environ 6 fois plus que les objectifs ordinaires. Déjà en 1882, M. E. C. Pickering, directeur de l'Observatoire de Harward College près de Boston et bien connu par ses travaux photométriques, avait entrepris une Carte du Ciel avec un objectif à 4 verres de 0^m20 de diamètre et de 1^m15 de distance focale. Plus récemment (1888) il a reçu d'une généreuse américaine, Miss Bruce, une somme de 250.000 francs, destinée à la construction d'une grande lunette photographique qui sera munie d'un objectif à 4 verres de 0^m60 d'ouverture et de 3^m43 de distance focale : avec cet instrument, transporté successivement en 3 ou 4 points bien choisis de notre globe, M. Pickering compte faire seul la carte entière du Ciel, découvrir les nébuleuses qui n'ont pas encore été vues, etc.

VII. — PHOTOMÉTRIE ASTRONOMIQUE

Un des éléments qu'il importe le plus de connaître, après les positions exactes des étoiles dans le ciel, c'est leur éclat relatif, leurs *grandeurs*. Déjà, en 1867, G. P. Bond remarquait que le diamètre des images photographiques des étoiles augmente avec le temps de pose, avec l'éclat de l'astre, et que ce diamètre peut être employé pour la mesure des grandeurs stellaires. Mais c'est surtout depuis 1887 que des travaux nombreux ont été entrepris en vue de créer un moyen pratique pour déduire la grandeur de chaque étoile du diamètre de son image sur les clichés, particulièrement sur ceux de la carte du Ciel.

Cette question, qui offre les plus grandes difficultés, est encore à résoudre; on peut même dire qu'elle est insoluble, telle du moins qu'elle a été posée, c'est-à-dire en cherchant à faire cadrer les grandeurs photographiques avec les grandeurs optiques fournies par l'œil et par le photomètre. On sait, en effet, que les rayons jaunes qui impressionnent fortement l'œil, sont presque sans action sur les plaques sensibles ordinaires, tandis que les rayons violets impressionnent fortement les plaques, sans paraître intenses à l'œil; une belle étoile jaune pourra donc produire sur la plaque une image beaucoup plus faible que telle autre faible à l'œil, mais riche en rayons violets. Tandis que l'œil est impressionné par l'énergie lumineuse de la portion du spectre comprise entre les raies C et F, la plaque photographique enregistre celle qui s'étend de F à N. Il résulte presque nécessairement de là qu'en général les grandeurs photographiques ne sont pas comparables aux grandeurs optiques, et sans doute, l'échelle photogra-

phique devra être construite d'une manière indépendante, sans rien emprunter à aucune autre méthode.

VIII. — PHOTOGRAPHIE DES NÉBULEUSES

Pour les nébuleuses, même les plus belles, l'éclat intrinsèque en chaque point est presque toujours faible; aussi n'est-on parvenu à photographier ces astres qu'à l'aide des plaques au gélatino-bromure. H. Draper, le premier, obtint une photographie de la nébuleuse d'Orion, le 30 septembre 1880, après 51 minutes de pose : elle ne représentait guère que la partie la plus brillante. Mais en mars 1882, après 132 minutes de pose, il en obtint une qui représentait la nébuleuse sur une bien plus grande étendue. A la même époque (30 janvier 1882), M. Common, à Ealing, près de Londres, obtint de la même nébuleuse la belle photographie qui lui valut la médaille de la Société royale astronomique. Une photographie de la nébuleuse d'Andromède, obtenue par M. Roberts à Maghull en 1888, a révélé la constitution de cette nébuleuse que les meilleurs dessins laissaient inintelligible : elle montre une constitution qui rappelle celle du système des anneaux de Saturne et confirme ainsi l'hypothèse nébulaire : on sait que cette hypothèse, due à Kant et à Laplace, attribue l'origine du système solaire à une nébuleuse animée d'un mouvement de rotation et qui, par condensation graduelle, aurait donné naissance aux planètes et au soleil.

Enfin, les photographies de la célèbre nébuleuse annulaire de la Lyre, faites l'été dernier dans les Observatoires d'Alger, de Bordeaux et de Toulouse, ont révélé sur sa constitution des particularités qui avaient échappé à l'œil armé des plus puissantes lunettes.

Avec des instruments de moyenne grandeur, la photographie a montré des nébuleuses très difficiles à voir, soit à cause de leur faiblesse, soit par suite du voisinage de brillantes étoiles; dans ce dernier cas sont les nébuleuses qui, en 1886, se sont révélées sur les clichés de MM. Henry, autour des principales étoiles des Pléiades. De son côté, M. Pickering a découvert également quelques nébuleuses par la photographie, et il compte en découvrir un bien plus grand nombre à l'aide de la grande lunette qu'il doit à la générosité de Miss Bruce.

IX. — APPLICATIONS DE LA PHOTOGRAPHIE A LA SPECTROSCOPIE ASTRONOMIQUE

Le jour même (19 août 1839) où fut communiqué à l'Académie des Sciences le procédé photographique de Daguerre, Arago citait, parmi les principales applications astronomiques du nouveau procédé, la possibilité d'obtenir une image complète du spectre solaire. Pour les spectres des étoiles, les premiers essais de photographie datent de 1863 (Huggins et A. Miller); mais ils ne devaient donner de résultats vraiment importants qu'après la découverte de plaques très sensibles; aujourd'hui on obtient le spectre des belles étoiles avec des détails aussi nombreux que ceux que donnait le Soleil il y a quelques années. M. Pickering a presque terminé la photographie des spectres de toutes les étoiles jusqu'à la huitième grandeur. Dans ses mains et dans celles de M. Vogel, directeur de l'Observatoire astro-physique de Potsdam, la photographie spectroscopique vient de révéler des résultats qui ouvrent des horizons tout à fait inattendus. Mais disons d'abord sur quel principe est basée la méthode employée, qui est justement appelée la Méthode Doppler-Fizeau[1].

Examinons au spectroscope un corps lumineux en repos relatif par rapport à l'observateur et dont le spectre soit formé d'un certain nombre de raies brillantes, par exemple. Si ce corps vient à s'éloigner de l'observateur avec une vitesse suffisante, toutes ces raies se porteront vers l'extrémité rouge du spectre; si, au contraire, le corps lumineux vient à se rapprocher, les raies seront déviées vers le violet. La déviation est proportionnelle à la vitesse relative du corps lumineux et de l'observateur, cette vitesse étant comptée sur la ligne qui les joint. C'est sur ce principe qu'est basée la méthode qui permet d'évaluer le mouvement d'un astre suivant le rayon visuel; il est bien remarquable que, pour la mesure des espaces, elle n'exige pas, comme les autres méthodes, la connaissance d'une base.

L'application de cette méthode à une étoile variable bien connue, Algol ou β Persée, a donné des résultats extrêmement remarquables: M. Pickering avait montré que, si la variation d'éclat de cette étoile était due au passage d'un satellite sombre sur le disque de l'étoile principale et produisant une éclipse partielle, les deux astres devaient avoir des dimensions peu différentes, être peu écartés et tourner rapidement autour de leur centre de gravité. Comme conséquence, l'étoile brillante devait tantôt se rapprocher et tantôt s'éloigner rapidement de la Terre. Or, M. Vogel, ayant photographié fréquemment le spectre de cette étoile, a constaté, par le déplacement des raies, que la vitesse de l'étoile suivant le rayon visuel est de sens contraire avant et après l'époque du minimum d'éclat; c'est une confirmation complète de l'explication déjà ancienne de la variabilité de cer-

[1] Voyez sur cette méthode et sur ses applications la savante Notice insérée par M. A. Cornu dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes pour* 1891.

taines étoiles par le passage d'un satellite obscur.

Si l'orbite du compagnon d'Algol était assez inclinée sur notre rayon visuel, l'astre obscur ne se projetterait jamais pour nous sur l'étoile brillante, et rien n'aurait fait soupçonner son existence. On doit donc se demander si beaucoup d'autres étoiles n'ont pas aussi des compagnons, brillants ou obsurs et que nos lunettes sont impuissantes à montrer: la spectro-photographie vient de répondre, de fournir trois exemples d'étoiles ayant des compagnons que rien jusqu'ici n'avait fait soupçonner : deux (β Cocher et ζ Grande Ourse) ont été signalés par M. Pickering et le troisième (α Vierge) par M. Vogel.

Pour α Vierge, les choses se passent comme pour Algol sauf la variation d'éclat; et la période est d'environ 4 jours.

Pour ζ Grande Ourse, on a remarqué dans un spectre une raie sombre (située à l'extrême violet et qui occupe la place de la raie K de Fraünhofer), qui est ordinairement simple, mais qui d'autres fois paraît double, et le phénomène se répète environ tous les 52 jours : cette étoile est donc double et formée de deux astres brillants.

Pour β Cocher, la période est de 4 jours; pour Algol, dont on vient de parler, elle est très exactement déterminée par les observations photométriques et égale à 2 jours 20 heures 49 minutes.

On ne connaissait jusqu'ici aucune étoile double dont la période fût inférieure à 11 ans : la spectroscopie, aidée de la photographie, vient d'en révéler dont la période est seulement de 3 à 4 jours. Comme le dit M. Cornu, dans la Notice déjà citée, « tous ces résultats sont vraiment prodigieux et ouvrent des horizons inattendus; en même temps ils confirment jusque dans les moindres détails cette unité de structure, de substance et de mouvements dont la découverte et surtout la démonstration sont l'honneur de la science contemporaine ».

On voit, par cet exposé, qu'on eût pu développer encore en parlant des applications de la photographie à l'observation des éclipses, à la représentation de la couronne solaire, etc., quels progrès nombreux doivent à la photographie les diverses branches de l'astronomie, tant l'astronomie de position que l'astronomie physique. Aussi l'application de la photographie à l'astronomie a des partisans dont l'exclusivisme voit déjà partout la plaque sensible substituée à l'œil de l'observateur, et les astronomes, ou réduits à l'inaction, ou transformés en photographes.

Il n'en sera pas ainsi de si tôt cependant parce que la plaque photographique n'est pas aussi sensible que l'œil, comme nous l'avons dit, de sorte que les changements très rapides lui échappent, excepté lorsqu'il s'agit du Soleil, où la surabondance exceptionnelle de lumière lui donne certains avantages sur l'observation directe.

Ainsi, malgré des tentatives déjà anciennes, elle n'a pu encore remplacer l'astronome dans les observations de passages, ni, en général partout où il y a un astre mobile. Contrairement à ce qui avait été annoncé, elle n'a pas encore fait découvrir des petites planètes, parce que celles-ci se déplacent par rapport aux étoiles, bien lentement sans doute, mais trop rapidement encore pour laisser des traces sur la plaque sensible. Pour les comètes on n'a pu les photographier qu'en les suivant avec l'instrument dans leur mouvement propre ; alors les repères indispensables, c'est-à-dire les étoiles, qui viennent en même temps sur la plaque, sont représentées par de petites lignes qui ne sont ni bien droites ni bien continues, à cause de la discontinuité inévitable du déplacement imprimé à la lunette; en outre, le moment auquel se rapportent les coordonnées obtenues n'est pas connu avec assez de précision.

Pour les étoiles doubles, la photographie n'a pu aborder les mesures des couples très serrés, qui sont les plus intéressants, ni de ceux dont les composantes sont un peu inégales, ce qui est le cas général, parce que dans le temps de pose nécessaire pour que le compagnon laisse une trace, le petit cercle donné par l'étoile principale s'est déjà trop agrandi et a ainsi envahi et caché l'image du compagnon. La plupart de ces observations, où la photographie est encore impuissante, lui deviendraient accessibles si l'on venait à obtenir des plaques beaucoup plus sensibles que celles d'aujourd'hui; mais il n'est pas à prévoir de progrès comparable à celui qui a lieu quand on a passé du collodion à la gélatine; et d'ailleurs de telles plaques ne seraient plus maniables : elles se voileraient pendant les manipulations.

Ce qu'il faudrait poursuivre plutôt, c'est la construction d'instruments plus appropriés au but :

Pour faire la Carte de régions étendues, employer des objectifs à grand champ ; pour photographier les astres mobiles, diminuer les distances focales tout en conservant les ouvertures, ce qui accroît l'intensité des images ; pour les étoiles doubles à composantes inégales, remplacer par de bons miroirs les objectifs, dont le spectre secondaire agrandit démesurément l'image focale des belles étoiles sur la plaque.

Malgré ces perfectionnements, les vieilles méthodes d'observation trouveront longtemps encore dans les Observatoires un champ assez étendu; toutefois ceux qui les utilisent, loin de se montrer exclusifs, devront suivre avec soin les progrès des nouvelles et leur abandonner tout ce qu'elles permettent de faire ou mieux ou plus vite.

G. Bigourdan,
Astronome adjoint
à l'Observatoire de Paris.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Cauchy. — Œuvres complètes. *IIe série, tome VIII.* (25 *fr.*) *Paris* 1890, *Gauthier-Villars éditeur*, 55, *quai des Grands-Augustins.*

Ce volume contient les « Exercices de Mathématiques » pour l'année 1828. Il est consacré principalement à la mécanique des fluides et des solides élastiques ou non élastiques.

Toutefois la Géométrie y est représentée : d'abord une théorie des *centres*, des *plans* et *axes principaux* des surfaces du second ordre, où l'on peut admirer une exposition extrêmement simple des propriétés de la classique « Equation en *s* », ensuite la discussion des lignes et des surfaces du second ordre et enfin la représentation de diverses familles de surfaces par leurs équations en termes finis, ou par celles aux dérivées partielles ; tels sont les exercices consacrés à la Géométrie. L'intérêt de cette partie de l'ouvrage réside non dans les résultats mais dans le style du maître, un style d'une netteté que nos élèves de mathématiques spéciales ne connaissent peut-être plus en dépit de l'étendue de leur programme.

Quant à l'analyse pure, trois courts chapitres lui sont réservés : l'un donne l'expression de la différence finie $\Delta^m x^n$, l'autre celle de la somme finie $\Sigma\Sigma\Sigma \ldots x^n$; le troisième déduit des précédents soit les différences, soit les intégrales finies des fonctions entières d'une ou de plusieurs variables.

Les « Exercices » de Physique mathématique peuvent se diviser en deux classes : 1° Exposition des équations fondamentales de la Mécanique des fluides ou des solides ; 2° Intégration de ces équations dans des cas relativement simples.

Cette seconde classe comprend : l'étude des petits mouvements d'une lame solide, celle plus difficile des vibrations d'une plaque solide, d'où Cauchy fait découler les lois des vibrations d'une verge rectangulaire.

Parmi les résultats je rappellerai particulièrement les beaux théorèmes fournissant une échelle des sons qui peuvent être rendus par une lame élastique dont la fibre moyenne serait successivement courbée en une fraction quelconque de cercle.

Les « Exercices » de l'autre classe, malgré leur très grande généralité, offrent un intérêt d'un autre genre ; ils montrent nettement les deux points de vue sous lesquels on a jusqu'ici envisagé la distribution de la matière dans les corps. Ou bien l'on regarde la matière comme continue, ou bien on la distribue en centres de forces isolées. Le premier point de vue est développé dans deux chapitres ; les conditions thermiques imposées, bien qu'artificielles, suffisent cependant pour les applications mentionnées plus haut. Cauchy définit pour les solides l'état *naturel* et montre qu'il y a lieu de se donner quelque relation capable de rattacher les six composantes des pressions aux éléments cinématiques de la déformation. Il suppose d'abord la relation suivante :

« La tension (ou pression) exercée contre un élément « de surface admet une composante normale à cet « élément, qui est proportionnelle à la dilatation (ou « condensation) relative à cette même direction. »

Puis il combine cette hypothèse avec celle de la pression normale des fluides. Cette superposition de deux systèmes de pressions introduit deux coefficients k et K figurant dans les équations qui gouvernent les composantes : ξ, η, ζ, d'un petit déplacement de la molécule dont les coordonnées cartésiennes à l'époque t sont x, y, z, et qui, sous une densité initiale Δ, est soumise par unité de masse à la force dont ces composantes sont X, Y, Z. Si l'on désigne par Θ la dilatation cubique de déformation, c'est-à-dire si l'on pose :

$$\Theta = \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\partial \xi}{\partial z},$$

chaque composante ξ, η, ζ, vérifie une équation de la forme suivante :

$$\frac{k}{2\Delta}\left(\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial z^2}\right) + \frac{k + 2K}{2\Delta}\frac{\partial \Theta}{\partial x} + X = \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}.$$

Ces équations se réduisent par la supposition : $k = 2K$ à celles données par Navier (Mémoire de 1821).

Si au lieu de considérer le corps dont l'élasticité a été définie plus haut, on envisage un corps entièrement dépourvu d'élasticité et si l'on fait : $u = \frac{dx}{dt}$; $h = \text{const.}$ chaque équation précédente est remplacée par une autre telle que celle-ci :

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{\partial \frac{\partial \Theta}{\partial t}}{\partial x} + \frac{2\Delta}{h} X = \frac{2\Delta}{h}\frac{\partial u}{\partial t}$$

d'où l'on peut déduire cette autre :

$$\frac{\partial^2 \frac{\partial \Theta}{\partial t}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \frac{\partial \Theta}{\partial t}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \frac{\partial \Theta}{\partial t}}{\partial z^2} + \frac{\Delta}{y}\left(\frac{\partial X}{\partial x} + \frac{\partial Y}{\partial y} + \frac{\partial Z}{\partial z}\right) = \frac{\Delta}{h}\frac{\partial \frac{\partial \Theta}{\partial t}}{\partial t}$$

Celle-ci dans le cas particulier où $X = Y = Z = 0$ est précisément celle du mouvement de la température ; c'est encore celle qui régit la densité d'un fluide. Ainsi dans deux hypothèses extrêmes où la chaleur serait assimilée soit à un fluide élastique, soit à un corps dénué d'élasticité on retrouve toujours cette équation fondamentale :

$$\frac{\partial V}{\partial t} = h\left(\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2}\right)$$

dont les propriétés les plus importantes ont été rigoureusement établies par M. Poincaré (*Comptes rendus*, 1888.)

Dans l'hypothèse de la discontinuité, c'est-à-dire celle où l'on considère des points matériels isolés, soumis à leurs attractions ou répulsions mutuelles, l'espèce de postulatum qui constitue la notion de la pression n'est plus nécessaire. Il suffit pour composer les actions moléculaires de connaître la distribution *initiale* des masses du système ; ce calcul se simplifie dans l'étude des petits mouvements, et en raison de la petitesse du rayon d'activité moléculaire ; ces circonstances permettent, dans le calcul des différences géométriques des déplacements, c'est-à-dire dans le calcul des quantités : $\Delta\xi$, $\Delta\eta$, $\Delta\zeta$, de s'arrêter aux termes du second ordre, ceux du premier disparaissant fréquemment d'eux-mêmes. Si l'état initial est un état d'équilibre, et si dans cet état la distribution des masses est symétrique par rapport à chacune d'entre elles (il ne s'agit pas ici des équations aux limites), les composantes des actions moléculaires sont des *formes linéaires* des dérivées du second ordre des déplacements, considérés comme fractions des coordonnées initiales a, b, c.

Les 15 coefficients de ces formes dépendent de 9 constantes, qui se réduisent à 3, dans le cas particulier où la distribution des masses autour de chacune

d'elles admet une symétrie par rapport à 3 plans perpendiculaire entre eux. Si de plus la symétrie considérée a lieu par rapport à tout système de 3 plans, cette distribution sphérique réduit les 3 constantes à deux.

Chacune de ces constantes est une somme triple à nombre fini d'éléments ; mais par un artifice fréquemment employé en physique mathématique, Cauchy remplace cette somme triple par une intégrale simple ; de plus Cauchy établit que les deux constantes de la distribution sphérique se réduisent même à une, quand les forces mutuelles varient avec la distance des masses comme la fraction $\frac{1}{r^3+\varepsilon}$; $(0 < \varepsilon < 1)$.

Une remarque essentielle a été aussi faite par Cauchy, c'est que les équations des petits mouvements des systèmes discontinus sont plus générales que celles déjà données dans l'hypothèse de la continuité.

Dans un autre chapitre, Cauchy montre comment il faut concevoir la *tension* ou la *pression* dans les systèmes discontinus.

Enfin, pour terminer ce résumé, je dois mentionner le beau chapitre : *Quelques théorèmes relatifs à la dilatation, ou à la condensation des corps* ; une sphère infiniment petite pleine de la matière d'un corps continu, fluide ou non, se change, même après une *déformation forcée*, en un ellipsoïde. Cauchy a tiré de cette correspondance des propriétés qu'on peut regarder comme les fondements naturels des travaux postérieurs de Dirichlet, d'Helmholtz, et de Beltrami ; la simplicité et l'élégance des interprétations de ces géomètres, tient surtout à ce qu'ils ont considéré une déformation infiniment petite. Jules Andrades.

Leautey (Eug.) et **Guilbault** (Ad.). — **Traité théorique et pratique de copmtabilité**, 1 *vol.* 6e *édition, revue et complétée* (7 *fr.* 50). *Librairie comptable et administrative*, 5, *rue Geoffroy-Marie, Paris* 1890.

Résumer en un volume les principes et les applications innombrables de la comptabilité et de la tenue des livres ne doit pas être une tâche facile, puisque tous les auteurs qui l'ont entreprise jusqu'ici n'y ont guère réussi.

Le livre de MM. Léautey et Guilbault vient de combler heureusement une véritable lacune. Il contient un exposé rationnel, clair et précis de la matière. La première partie est consacrée à la fixation du langage comptable et des principes élémentaires. Dans la seconde, de beaucoup la plus substantielle, sont étudiées, au point de vue théorique, les relations qui président, soit à la formation, soit au jeu des comptes entre eux, ainsi que leur expression synthétique ou bilan. L'établissement de l'inventaire sur la base d'un prix de revient réel, quelles que soient les valeurs mises en mouvement par l'industriel ou le commerçant, y fait l'objet d'une discussion où les auteurs font preuve d'une haute compétence et d'une grande netteté de vues. Enfin une série d'applications fournies par des exemples variés et judicieusement choisis, constitue une troisième et dernière division, utile à consulter pour ceux que les formules purement abstraites découragent ou sont impuissantes à convaincre.

En somme, l'ouvrage se recommande par un esprit de méthode, une rectitude de principes, une mesure dans les développements et une facilité de style qui en font à tous égards, sinon un traité complet, du moins un excellent cours élémentaire de comptabilité.

F. Lougarre.

2° Sciences physiques.

Boltzmann (L.). — **Ueber die Hertz'schen Versuche.** *Sur les expériences de M. Hertz.* (*Wiedem. Ann.* 1890, t. X. L p. 399.)

Pour démontrer à un nombreux auditoire la décharge qui se produit dans le conducteur secondaire de M. Hertz, l'auteur relie l'un des pôles de l'interruption de ce conducteur, celui qui est arrondi, à un électroscope sensible ; l'autre, la pointe de la vis micrométrique, à une pile sèche (200 volts environ de tension) reliée à la terre. Dès que les étincelles jaillissent dans l'interrupteur, du résonateur elles y forment un pont conducteur qui relie la pile à l'électroscope et font agir celui ci. Paur que l'expérience soit bien visible, il suffit de trois ou quatre étincelles du primaire Le poli des boules entre lesquelles jaillit l'étincelle primaire ne subit donc que peu d'altération et l'intensité du phénomène reste par ce fait longtemps constante.

Ch. Ed. Guillaume.

Ritter (R.). — **Bemerkung zu den Hertz'schen Versuchen**, *etc...* *Remarques sur les expériences de M. Hertz relatives aux rayons de force électrique.* (*Wiedem. Ann.* 1890, t. XL, p. 53.)

L'auteur a réussi à mettre en évidence, au moyen de la grenouille, la décharge qui se produit dans un conducteur secondaire de M. Hertz. Pour cela il relie à un mince fil conducteur l'un des deux pôles de l'interruption du résonateur à l'un des deux cordons nerveux qui courent de part et d'autre de l'épine dorsale de la grenouille, préalablement sectionné et proprement préparé. Cela étant, dès que les étincelles jaillissent dans l'interruption du résonateur, la patte correspondant au nerf en contact subit des contractions rapides. On peut ainsi démontrer de jour et à un nombreux auditoire l'action électrique à distance qui se produit dans le conducteur secondaire.

Ch. Ed. Guillaume.

Rubens (H.) et **Ritter** (R.) — **Ueber das Verhalten von Drahtgittern** *etc...* *De l'action que les réseaux de fils conducteurs exercent sur les ondulations électriques.* (*Wiedem. Annal.* 1890, t. X L, p. 55.)

MM. H. Rubens et R. Ritter ont repris les expériences de M. Hertz sur la polarisation des rayons de force électrique par des réseaux de fils conducteurs parallèles et cela en remplaçant l'observation de l'étincelle dans les conducteurs secondaires par l'emploi du bolomètre de MM. Paalzow et Rubens. Ils ont confirmé, par cette méthode, les résultats annoncés par M. Hertz, c'est-à-dire que le réseau laisse passer à peu près complètement une ondulation perpendiculaire à la direction des fils, absorbe au contraire complètement une ondulation parallèle à cette direction et enfin décompose une ondulation de direction oblique, laissant passer la composante perpendiculaire aux fils, tandis qu'il arrête celle qui leur est parallèle. Ils ont aussi étudié l'action du réseau comme écran réflecteur. Lorsque l'ondulation électrique est parallèle aux fils, elle est à peu près intégralement réfléchie ; dans le cas d'une position oblique il en est de même de la composante qui n'est pas transmise par le réseau.

Ch. Ed. Guillaume.

Ostwald (W.). — **Outlines of general chemistry.** (*Essai de Chimie générale*). — *Traduction anglaise de James Walker*, 1 *vol.* 395 *p.* (12 *fr.* 50), *Londres*, 1890, *Macmillan et Cie*, 39, *Bedfort Street Covent Garden.*

M. Walker publie une édition anglaise du traité de chimie générale de M. Ostwald. Ce livre, qui est malheureusement peu connu en France est un exposé magistral de l'état actuel des connaissances chimiques. Outre un résumé fort clairement écrit des résultats anciens, il contient, sous une forme très concise, l'ensemble des travaux récents de MM. Van t' Hoff, Arrhénius, Ostwald, Guedberg et Waage, etc.

L'ouvrage est divisé en deux parties. La première est consacrée aux lois relatives à la masse. On y trouve les lois des combinaisons chimiques, les propriétés de la matière pondérable à l'état solide, liquide, gazeux, ou dissous, la théorie cinétique des gaz, la théorie de M. Vant' Hoff sur la pression osmotique et ses principales conséquences, enfin un aperçu des idées

actuelles sur la constitution des composés. La deuxième partie comprend les lois relatives à l'énergie. M. Ostwald réunit sous ce titre l'ensemble des résultats auxquels a conduit l'étude des équilibres chimiques, par les différentes méthodes qui ont été employées, thermochimie, électrochimie, etc., et les théories de l'affinité basées, soit sur l'application aux phénomènes chimiques des lois de la thermodynamique, soit sur la considération de la vitesse de réaction.

Il est impossible de donner en quelques lignes une idée d'un aussi important ouvrage autrement qu'en indiquant les matières qu'il contient. Bornons-nous à signaler cette nouvelle édition de l'œuvre d'un des chimistes qui ont le plus contribué aux progrès récents de la chimie physique.

Georges CHARPY.

3° Sciences naturelles.

Fouqué, *de l'Institut.* — **Le Plateau Central de la France.** *In-4°, 23 p. (Lu dans la séance publique annuelle des cinq Académies du 25 octobre 1890.)*

Dans cette rapide esquisse le savant professeur du Collège de France résume les notions que la science possède aujourd'hui sur l'évolution physique du Plateau (ou mieux du *Massif*) Central. Deux résultats paraissent se dégager nettement de cette étude : 1° la continuité du développement de la région à travers les âges, depuis les périodes les plus reculées de l'histoire du globe ; 2° la contemporanéité des éruptions et des grands mouvements du sol, qui, à deux reprises différentes, ont déterminé les linéaments principaux de son relief, d'une part à l'époque permo-carbonifère (ridement hercynien, porphyres et porphyrites du Morvan, Forez, Beaujolais) et d'autre part vers le milieu des temps tertiaires (contre-coup du plissement alpin, épanchement volcanique de l'Auvergne et du Velay).

D'après M. Fouqué, la direction N.-O. ou armoricaine aurait été déterminée dès l'époque cambrienne, c'est-à-dire bien avant la direction N.-E. ou hercynienne (varisque de M. Suess), qui est celle d'un grand nombre de bassins houillers ; le massif ancien de la France centrale représenterait donc le point de jonction, le nœud de deux systèmes de dislocation d'âges très différents. Peut être pourrait-on objecter à cette manière de voir l'absence complète, dans l'Ouest du massif, de lambeaux siluriens et dévoniens, permettant de fixer par leur allure concordante ou transgressive une limite supérieure pour la date du mouvement correspondant, la continuité des plis archéens avec ceux qui affectent l'ensemble des terrains paléozoïques en Bretagne parlant d'ailleurs en faveur d'un âge plus récent pour les premières.

Quoi qu'il en soit, et contrairement aux vues émises sur ce point par Magnan, Ebray et M. Bleicher, l'émersion du massif aurait été ininterrompue pendant toute la durée des temps secondaires. Un changement important signale l'époque oligocène : de grand lacs, communiquant avec les lagunes ambiantes, recouvrent alors de larges espaces. Les sédiments accumulés au fond de ces nappes d'eau ont été plus tard dénivelés par des cassures multiples, dont la production, concomitante du mouvement qui faisait émerger une grande partie de la France, a coïncidé avec les débuts de l'ère volcanique ; le paroxysme des éruptions, succédant à un intervalle de repos prolongé, s'est au contraire manifesté après la cessation complète de tout mouvement de dislocation dans la Haute-Auvergne. Cette seconde phase d'activité beaucoup plus importante que la première au point de vue du volume et de la variété des produits rejetés, a commencé avec les explosions qui ont couvert le Cantal de Cinérites, à la fin de l'époque miocène ; elle s'est poursuivie jusqu'aux abords de l'époque actuelle, avec les cratères post-glaciaires du Tartaret, du lac Pavin, de Montcineyre et du puys de Clermont.

Le phénomène du creusement des vallées semble avoir atteint son maximum d'intensité durant le quaternaire, grâce au climat rigoureux et humide qui a caractérisé cette période. Il ne faut pas oublier toutefois que le creusement de la haute vallée de l'Allier, comme l'a récemment démontré M. Boule, est beaucoup plus ancien : des dépôts sous-basaltiques contenant la faune du pliocène moyen ont été observés à 30 mètres seulement au-dessus du thalweg.

On pourra comparer avec profit au tableau tracé par M. Fouqué une étude que M. Frech a récemment consacrée au même thème dans le *Zeitschrift* de la Société de géographie de Berlin. (*Das Französische Central plateau Eine Skizze seiner geologischen Entwickelung*, 1889, p. 132-165). EMM. DE MARGERIE.

Ficheur (E.). — **Description géologique de la Kabylie du Djurjura.** *Etude spéciale des terrains tertiaires. Thèse de Doctorat présentée à la Faculté des Sciences de Paris, Masson*, 1890.

La grande Kabylie, dont M. E. Ficheur vient de présenter la description géologique, comme thèse de doctorat à la Faculté des sciences de Paris, est assurément une des régions de l'Algérie les plus difficiles et les plus ingrates à étudier. La haute chaîne du Djurjura, qui en forme le massif principal, constitue une barrière presque infranchissable dont les sommets, couverts de neige pendant la plus grande partie de l'année, ne sont abordables qu'au cœur de l'été. Sa charpente est formée par de puissantes masses rocheuses, assez uniformes, très disloquées et enchevêtrées, presque complètement dépourvues de fossiles et dont la classification présente des difficultés toutes particulières. Cependant grâce à des recherches poursuivies avec méthode et persévérance, M. Ficheur est parvenu à débrouiller le chaos de ces diverses formations.

Les terrains azoïques, schistes cristallins et étage archéen, des terrains jurassiques appartenant vraisemblablement à l'époque du Lias, puis des terrains crétacés, restés jusqu'alors inexplorés, ont été reconnus et décrits par M. Ficheur.

Mais la partie essentielle de son mémoire consiste dans l'étude des terrains tertiaires inférieurs. C'est la formation éocène qui occupe la place la plus importante dans le grand massif du Djurjura. Ses assises très diverses, et dont l'énorme épaisseur dépasse en totalité le chiffre de 1800 mètres, étaient jusqu'ici réunies dans un seul horizon et confondues sous le nom vague de terrain nummulitique.

Les Nummulites sont à peu près les seuls restes organisés qu'on y rencontre ; aussi, a-t-il fallu que l'auteur se livrât à une étude approfondie de tous ces foraminifères pour en tirer les éléments d'une classification qui s'est trouvée d'ailleurs corroborée par des différences lithologiques et des discordances de stratification entre les divers termes de la formation. Cette heureuse mise en œuvre des Nummulites, comme documents de classification, constitue pour l'Algérie un travail tout nouveau et original.

En s'aidant ainsi de tous les moyens à sa disposition, M. Ficheur a pu établir que le terrain tertiaire le plus inférieur, c'est-à-dire l'étage suessonien des auteurs, n'était pas représenté dans la Kabylie du Djurjura. La série de l'Eocène moyen, composée de trois étages transgressifs ou discordants, l'un par rapport à l'autre, est complètement distincte de celle de l'Eocène supérieur qui comprend elle-même deux divisions, indépendantes l'une de l'autre.

Tandis que l'Eocène moyen est, dans tout son ensemble, une formation nummulitique, l'Eocène supérieur, composé de grès quartzeux, n'est caractérisé que par des empreintes de Fucoïdes.

L'ensemble de ces terrains éocènes algériens paraît constituer une série spéciale qui ne présente pas d'équivalence exacte avec les formations nummulitiques du versant nord de la Méditerranée. C'est seulement dans l'Andalousie qu'on retrouve son analogue.

Après les terrains éocènes l'auteur a décrit les ter-

rains miocènes, également représentés en Kabylie par des assises variées. Il a observé dans cette nouvelle série un terme inférieur, constitué par le grès de Dellys, qui lui paraît correspondre à l'étage oligocène des auteurs. Ce n'est-là toutefois qu'une présomption basée sur de simples données stratigraphiques, car les documents paléontologiques font complètement défaut dans ces grès. C'est aussi sans doute pour cette raison que M. Ficheur a jugé utile d'introduire dans la nomenclature stratigraphique algérienne le terme nouveau d'étage dellysien pour désigner cette formation.

Un autre fait intéressant a été constaté dans l'étude des terrains miocènes. C'est à cette époque qu'il y a lieu de rapporter ces puissants dépôts alluvionnaires étalés sur le versant sud du Djurjura et que jusqu'ici l'on considérait comme appartenant à l'époque quaternaire.

Le mémoire de M. Ficheur, qui ne contient pas moins de 475 pages, comprend encore la description des terrains pliocène et quaternaire, celle de nombreuses roches éruptives, Granites, Liparites, Andésites, Labradorites, etc., et se termine par des notes paléontologiques sur les Nummulites de l'Eocène algérien. Deux cartes géologiques, celle de la chaîne du Djurjura et celle du Massif des Beni-Khalfoun complètent cet important travail et permettent, concurremment avec les nombreux diagrammes intercalés dans le texte, de suivre avec facilité les descriptions de l'auteur.

A. Péron.

Wœchting (H.). — **De la transplantation sur le corps de la Plante.** *Nachrichten v. J. Kön. Gesellsch. d. Wissensch. u. d. Georg. August. Universit. zu Göttingen*, 1889, n° 14, 1890, *récemment paru.*

Le travail de M. Wœchting, bien que s'appliquant à la végétation et paraissant au premier abord avoir été fait dans un but purement pratique, peut avoir des conséquences théoriques très étendues au point de vue de la physiologie animale. L'auteur étudie les questions suivantes : phénomène histologique de la prise de la greffe sur le sujet; influence de l'affinité systématique des parties réunies par la greffe; effet exercé mutuellement par les formes différentes réunies par la greffe.

Les expériences ont été faites sur des tiges ligneuses et sur des racines charnues, comme la betterave ; elles ont porté d'abord sur la réunion de parties d'un même nom. Ainsi, la racine latérale d'un système radiculaire peut être déplacée à volonté sur la racine principale dans le sens longitudinal ou périphérique ; elle se soude complètement à l'organe-mère. De même, on peut couper l'extrémité de la racine principale et en faire une racine latérale.

Si l'on découpe dans une betterave de petits morceaux de tissu et qu'on les introduise dans des trous de même forme et de même grandeur, la soudure se fait parfaitement. La transplantation peut avoir lieu dans le sens transversal ou longitudinal.

Il n'en est plus de même si l'on change l'orientation du fragment transporté. Un prisme découpé dans une betterave et planté dans un trou correspondant, mais dans une position relative différente, ne se soude plus et il se forme tout autour des bourrelets pathologiques. Les plantes ligneuses se comportent en général comme les racines charnues. Les tissus de nature différente se greffent comme ceux du même nom : la tige sur la racine, la racine sur la tige, les feuilles sur la racine, etc.; mais, comme dans le cas précédent, il n'est pas possible, sans de grands désordres, de placer la greffe dans une orientation anormale.

Ces expériences montrent qu'il existe une polarité de la cellule, que la cellule a un haut et un bas. La loi qui régit ces phénomènes peut s'exprimer, comme en physique, en disant que les pôles de même nom se repoussent, que les pôles de nom contraire s'attirent.

A. Hébert.

Gautier (Armand), *de l'Institut.* — **Les Perfectionnements de la vinification dans le Midi de la France.** *Conférence faite le 18 mai 1890, au Congrès de l'Association Pyrénéenne. Annales agronomiques; tome XVI; p. 433.*

La conférence de l'éminent académicien n'est, à vrai dire, qu'une suite de conseils pratiques sur l'art de faire le vin. Elle commence à la vendange pour se terminer à la mise en pièces en passant par toutes les opérations intermédiaires; M. A. Gautier s'occupe également de la fabrication des vins de seconde cuvée et des maladies auxquelles sont sujets les vins. Nous ne pouvons analyser d'une façon détaillée l'intéressante conférence du savant auteur; nous nous bornerons à en donner un aperçu général. M. Gautier recommande expressément de vendanger un peu avant la maturation du fruit, quand la quantité de sucre et par suite la densité du jus n'augmentent plus sensiblement, ce qu'on reconnait par les glucomètres, les mustimètres ou simplement par l'aréomètre de Baumé; une vendange trop mûre donne un vin plus alcoolique, mais dénué de bouquet et difficile à conserver. L'opération du foulage peut être évitée, car la cueillette, le transport et la chute à la cuve écrasent assez de grains pour mettre en train la fermentation; la pureté de la levûre doit être obtenue en excitant son activité, de façon à détruire les autres germes parasitaires ; on l'obtient surtout en cueillant avant la maturité de façon que le jus étant acide, favorise le développement des levûres alcooliques, et en aérant lemoût par trois ou quatre insufflations pendant les deux premières journées de cuvaison.

La fermentation doit être conduite rapidement entre 20° et 28°, la décuvaison doit s'effectuer quand la température décroît et que la mousse s'abaisse; au-dessus de 28° il se forme des alcools supérieurs; au-dessous de 20°, la fermentation est trop longue et il se développe des moisissures. Pendant cette opération, il faut tenir immergé le chapeau ou gâteau de marc ; le vin est ainsi mieux fait, plus coloré et le marc est plus apte à faire des vins de seconde cuvée.

M. Gautier s'étend longuement sur le plâtrage destiné à augmenter l'acidité du vin, à en aviver la couleur, à précipiter les albuminoïdes, à entraîner les ferments et à assurer ainsi la conservation de la liqueur. Le plâtre introduit réagit sur la crème de tartre et forme du tartrate de chaux qui se précipite et de l'acide tartrique et du sulfate de potasse qui se dissolvent. Le plâtrage, bien qu'absolument nécessaire, est regrettable parce qu'il altère le goût du vin, le rend plus âpre, qu'il y introduit du sulfate de potasse purgatif, enfin parce qu'il rend nos vins méridionaux suspects; c'est pourquoi on a cherché à remplacer le plâtrage par le phosphatage ou le tartratage, procédés nouveaux sur l'efficacité desquels on ne peut encore se prononcer définitivement. — Après décuvaison, on doit procéder à deux ou trois soutirages avant le milieu du printemps, puis au collage — M. Gautier aborde ensuite l'étude des vins de seconde cuvée ou vins de marc pour la fabrication desquels il donne une recette qui consiste à délayer le marc dans l'eau, à soutirer le liquide, à y introduire des quantités convenables de sucre et d'acide tartrique, à faire bouillir pour intervertir et à parfaire avec de l'eau le volume à obtenir. On rejette le liquide sur le marc et on fait fermenter. Le marc restant peut encore donner de très bonne eau-de-vie.

M. Gautier s'occupe en dernier lieu des maladies qui frappent nos vins du Midi : l'ascessence, causée par le mycoderma aceti; la tourne ou cassure qui décompose le tartre et l'acide tartrique en acides tartronique, acétique et lactique et qui fait tourner le vin au marron; enfin la pousse des vins qui transforme leur acide tartrique en acides carbonique, acétique et propionique. Le traitement pastorien du chauffage est le meilleur pour combattre toutes ces maladies.

A. Hébert.

Fabre-Domergue (P.) — **Manuel pratique de l'analyse micrographique des eaux** (1 fr. 50). *Paris, B. Tignol, 53 bis, quai des Grands-Augustins.* 1890.

Le petit livre de M. Fabre-Domergue est un ouvrage de vulgarisation; aussi l'auteur a pris soin de le dégager de toute discussion scolastique. Il s'est contenté, et on ne saurait trop l'en féliciter, de prendre dans les diverses méthodes d'analyse micrographique des eaux celles qui lui paraissaient les meilleures, et de les exposer succinctement. Disons tout de suite que le choix qu'il a fait nous paraît excellent, car il a donné la préférence aux méthodes de M. Miquel qui sont à l'heure actuelle les plus parfaites connues, si bien que ce petit manuel est en grande partie un résumé fort bien fait des travaux de M. Miquel. Ce manuel peut servir de guide pour l'analyse bactériologique des eaux et aussi de premier livre à consulter pour connaître le sujet, que l'on pourra ensuite approfondir dans les divers ouvrages plus importants qui traitent de la matière.

Dr H. Dubief.

4° Sciences médicales.

Cornevin (Ch.). — **Des plantes vénéneuses et des empoisonnements qu'elles déterminent.** *Un vol. in-8° de 500 pages, avec fig. dans le texte (6 fr.). Paris* 1890, *Firmin Didot et Cie, 56, rue Jacob.*

Depuis que la Toxicologie est entrée dans une phase véritablement scientifique, elle a surtout visé, en ce qui concerne les végétaux, l'étude de leurs principes actifs, laissant volontiers de côté la plante elle-même Cette tendance, reflet évident de celle que manifeste la thérapeutique moderne, dont nous n'avons pas à faire ici le procès, n'est pas sans offrir de sérieux inconvénients : il est certain, en tout cas, que l'on ne peut conclure de l'effet des principes toxiques considérés isolément à l'action générale de la plante. Ces effets se produisent souvent dans des sens divers, parfois même contraires, et il s'ensuit que la résultante ne peut pas en être déterminée par la simple addition des uns et des autres. Sans prétendre qu'on puisse négliger l'étude de ces principes eux-mêmes, il est donc nécessaire, tout au moins lorsqu'ils sont multiples, d'envisager l'action directe et générale de la plante. — Telle nous paraît avoir été l'idée directrice de M. Cornevin.

Son ouvrage est divisé en deux parties, l'une générale, l'autre spéciale.

La première présente un examen d'ensemble des poisons d'origine végétale et des intoxications qu'ils occasionnent. On y trouve d'abord l'exposé de nos connaissances actuelles sur le déterminisme de la toxicité : l'auteur, étudiant l'évolution du végétal toxique et ses conditions vitales, met notamment en relief ce fait intéressant que la toxicité ne semble pas être une propriété primordiale, mais une propriété acquise sous l'influence du milieu. Il tend à expliquer de la sorte comment des plantes appartenant à des genres très différents d'une même famille naturelle produisent un poison identique, tandis que des espèces d'un même genre, vivant dans un milieu différent, sont douées de propriétés très éloignées. Témoin les *Strychnos* d'Asie, qui sont convulsivants, alors que ceux d'Amérique sont paralyso-moteurs. — Les réactions de l'organisme animal en présence des poisons sont ensuite étudiées avec un soin tout particulier : M. Cornevin examine en premier lieu les conditions de l'empoisonnement spontané et montre que si l'espèce humaine — surtout dans le jeune âge — paye un sérieux tribut à cette cause d'accidents, l'instinct si vanté des animaux est loin de leur constituer une sauvegarde absolue, principalement dans l'état de domesticité. Il nous fait voir ensuite les variations d'activité que présente le poison lorsqu'il est introduit dans l'organisme animal : avec M. Bouchard, il adopte pour étalon, à ce point de vue, la *toxie*, c'est-à-dire la quantité de substance vénéneuse nécessaire pour tuer un kilogramme de matière vivante. Cette base admise, il étudie les variations de la toxie suivant la voie d'introduction du poison, l'âge du sujet, son sexe, son espèce, sa race et son individualité. Il aboutit, en ce qui concerne les espèces domestiques, à ce résultat quelque peu contraire aux idées reçues, qu'on doit les classer, relativement à leur susceptibilité générale en face des poisons, dans l'ordre suivant : Equidés, Carnivores, Porc, Oiseaux, Cobaye, Ruminants, Lapin.

La seconde partie de l'ouvrage passe en revue, d'après une classification purement botanique, environ deux cents espèces de végétaux indigènes, toxiques à des degrés divers. Chacune de ces espèces est décrite d'une façon sommaire, souvent même figurée, puis analysée au point de vue de ses effets sur l'organisme, du traitement des accidents qu'elle détermine, voire du danger que peut présenter la consommation de la chair des animaux empoisonnés.

Toutes ces données sont basées à la fois sur de nombreux documents bibliographiques rassemblés par l'auteur, ainsi que sur les résultats de ses recherches personnelles. Il y a là, en somme, une foule de renseignements utiles, surtout pour les habitants de la campagne, et le livre de M. Cornevin est appelé à rendre de sérieux services, en particulier, aux médecins, aux vétérinaires et aux agriculteurs.

A. Railliet.

Springer (Dr Maurice). — **Etude sur la croissance et son rôle en pathologie. — Essai de pathologie générale.** *1 vol. in-8°* (6 fr.), *Félix Alcan, Edit.*, 108, *Boulevard Saint-Germain, Paris*, 1890.

Il n'est peut-être pas d'idée plus générale dans la pathologie que celle attribuant à la croissance tout un cortège de phénomènes morbides apparaissant dans cette période de la vie où l'organisme se forme, où, le nombre des cellules du corps augmentant sans cesse, une suractivité fonctionnelle devient nécessaire. Mais jamais peut-être les conséquences de cet état physiologique spécial n'avaient été exposées avec une aussi grande limpidité et autant de conviction réfléchie. Pour qui connaît l'auteur, il est facile de retrouver là les caractères principaux de son esprit : habileté particulière dans l'observation, dialectique ingénieuse et serrée dont la synthèse aboutit à des idées quelquefois théoriques, mais toujours séduisantes et originales.

Toutes ces qualités rendent bien facile et attrayante la lecture du livre de M. Springer: On peut trouver qu'il se laisse souvent emporter par son sujet, mais on constate avec plaisir que, si souvent l'idée est un peu paradoxale, elle repose sur un fonds d'observation vraie qui engage à se laisser séduire.

L'auteur estime que la période de croissance joue un rôle prépondérant dans l'évolution du futur individu et bien souvent la constitution de ce dernier ne serait que le résultat de la manière dont s'est opérée la croissance. Il se fait dans la croissance un véritable surmenage cellulaire, et, si la nutrition n'est pas suffisamment active pour réparer les pertes, l'organisme se trouve en instance morbide. Si au contraire l'organisme a pu faire les frais de la croissance, il en résulte pour lui la constitution d'un état de santé plus ou moins vigoureux.

M. Springer a étudié successivement le rôle de la croissance dans les maladies des divers systèmes osseux, vasculaire, lymphatique, etc... Quelques chapitres intéressants sont consacrés à l'étude du sevrage de la puberté et de l'influence des maladies infectieuses.

D'après l'auteur, d'ailleurs, le médecin est loin d'être désarmé en présence des troubles causés par la croissance, et l'on peut dans une certaine mesure la diriger ou la corriger suivant le cas. En somme cet ouvrage est fort intéressant à lire et il porte bien la marque de l'homme spirituel et éclairé qui l'a écrit.

Dr H. Dubief.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 9 février 1891.

1° Sciences mathématiques. — M. **G. Leveau** a calculé les corrections à apporter à la valeur admise pour la masse de Jupiter (*Leverrier*) et celle de Mars (*Hall*) pour que la théorie de Vesta, établie sur ces éléments, s'accorde avec les observations méridiennes de cette planète; la correction introduite est notable.

2° Sciences physiques. — M. **H. Poincaré** montre que l'expérience de M. Wiener exposée à l'Académie par M. Cornu comme démontrant que les vibrations de la lumière polarisée se font normalement au plan de polarisation peut être interprétée autrement. Suivant la façon dont on comprend la quantité physiquement mesurable que nous appelons *intensité lumineuse*, cette expérience justifie l'hypothèse de Fresnel ou celle de Neumann; si l'on considère que ce qui est mesuré dans l'expérience, c'est le pouvoir photochimique des radiations, c'est-à-dire la force qui tend à séparer les atomes matériels, et que l'on étudie la façon dont les radiations interviennent dans un système de deux atomes, on voit que si c'est l'énergie cinétique qui impressionne la substance photographique, l'expérience de M. Wiener donne raison à Fresnel contre Neumann; si c'est l'énergie potentielle, l'expérience donne raison à Neumann. — A propos du pouvoir photochimique des radiations, M. **Berthelot** remarque que la lumière ne joue, dans les réactions chimiques qu'elle provoque, que le rôle d'un agent excitateur; ces réactions sont en réalité exothermiques; le seul fait qui subsiste de réaction photochimique endothermique serait la décomposition de l'acide carbonique par la chlorophylle, mais il y a encore des réserves à faire, si l'on considère l'ensemble des réactions se produisant en même temps dans l'organisme végétal. — M. **Edm. Becquerel** montre quelques spécimens d'épreuves du spectre solaire avec ses couleurs propres, qu'il a obtenues il y a plus de quarante ans. — M. **D. Berthelot** a reconnu que la conductibilité électrique d'une solution d'un sel neutre de potasse à acide organique ne change pas par l'addition d'un excès d'acide si l'acide est monobasique, elle est diminuée si cet acide est bibasique. Les abaissements successifs de la conductibilité produits par des excès croissants d'acide se prolongent plus longtemps dans le cas d'un acide tribasique. Ces observations peuvent servir de base à une méthode pour déterminer la basicité d'un acide dont on connaîtrait seulement le poids moléculaire. — M. **Joannis** a recherché s'il existait des combinaisons de l'ammoniaque avec les chlorures de potassium, de sodium et de baryum; il a déterminé ces combinaisons pour les deux derniers chlorures. — M. **R. Varet** montre que les cyanures métalliques proprement dits donnent naissance avec l'acide picrique à des isopurpurates, comme les cyanures alcalins ou alcalino-terreux, lorsque leur acide cyanhydrique peut être déplacé par l'acide picrique (zinc) dans le cas contraire (argent, mercure, cuivre), il n'y a pas formation d'isopurpurate. — M. **L. Magnier de la Source** discute l'opinion de MM. Roos et Thomas qui se refusent à admettre qu'un vin plâtré puisse à un moment quelconque renfermer du bisulfate de potassium; il expose les considérations qui lui font admettre l'existence possible de l'acide sulfurique libre dans le vin. — M. **l'inspecteur général de la navigation** adresse les états des crues et diminutions de la Seine observées chaque jour au pont Royal et au pont de la Tournelle pendant l'année 1890.

3° Sciences naturelles. — M. **Ch. Henry** a imaginé un *olfactomètre* qui consiste essentiellement en un tube de papier dont une partie plus ou moins grande laisse diffuser les vapeurs odorantes, la quantité d'essence évaporée est évaluée au moyen d'un aréomètre particulier; l'auteur a déterminé le minimum perceptible pour un certain nombre d'essences. — M. **L. Butte** a constaté que l'extrait de valériane, soit in vitro, soit dans l'organisme, ralentit la destruction du sucre dans le sang. — M. **A. Chobaut** a pu observer l'évolution larvaire complète de l'*Emenadia flabellata* (Coléoptères Rhipiphorides); il existe une première forme (triongulin) qui s'attache aux Hymenoptères pour se faire transporter dans leur nid; puis une deuxième forme, inerme, qui vit en parasite dans la larve de l'hyménoptère jusqu'à sa transformation en nymphe. Les *Emenadia* sont parasites des guêpes solitaires. — M. **F. Guitel** décrit le développement des nageoires paires, pectorales et ventrales, du *Cyclopterus lumpus*, et la transformation de ces dernières en disque adhésif. — M. **Stanislas Meunier** détermine comme appartenant à une nouvelle espèce de *Cycadospadix*, le *C. Virei*, une empreinte de feuille recueillie dans le corallien supérieur de Verdun. — M. **Gosselet** conteste les conclusions de M. Olry sur les relations du bassin houiller du Boulonnais, le faciès de tous les horizons du Boulonnais le rattache au bassin de Namur et non à celui de Dinant. — M. **J. Seunes** attribue au dévonien supérieur les marbre de *Jeteu* (vallée d'Ossau, Basses-Pyrénées) et au dévonien moyen les calcaires à polypiers sous-jacents rapportés au carbonifère; la série devonienne serait ainsi complète et normale dans cette région.

Mémoires présentés. — M. **J. Carvallo** adresse un mémoire portant pour titre : Essai sur la théorie des mouvements internes et de translation des cyclones. M. **G. Barbey** adresse une note relative à un nouveau dérivé de la résorcine. — M. **J. Dettiveiler** adresse une note relative à un appareil pour utiliser la dilatation de l'air sous l'action des rayons du soleil.

Séance du 16 février 1891

1° Sciences mathématiques. — Mlle **D. Klumpke** : Observations de la planète Charlois (Nice, 11 février 1891) faites à l'observatoire de Paris. — M. **Rod. Wolf** rappelle que l'idée fondamentale de l'appareil Ibañez-Brunner, usité en géodésie, a été déjà réalisée à la fin du XVIII^e^ siècle par Tralles et Hassler à Berne. — M. **Rod. Wolf** montre que la statistique solaire et les variations magnétiques, calculées suivant les formules qu'il a établies, offrent pour l'année 1890 un parallélisme remarquable; il y a eu un minimum à la fin de 1889 ou tout au commencement de 1890. — M. **Prosper Henry** mesure la variation de la réfraction atmosphérique avec la longueur d'onde lumineuse en plaçant devant l'objectif d'une lunette un réseau perpendiculaire à l'axe et dont les lignes sont parallèles au plan vertical passant par cet axe. En examinant à l'aide de ce système un point lumineux non affecté par la réfraction astronomique on remarque au foyer de la lunette, outre l'image centrale du point, une double série de spectres linéaires horizontaux; l'étude des deux spectres de premier ordre fournit la mesure cherchée. — M **G. Defforges** a étudié la résistance qu'opposent divers gaz (acide carbonique sec, oxygène sec, hydrogène humide) au mouvement d'un pendule; la formule que M. Defforges avait donnée dans le cas de l'air s'applique avec les mêmes coefficients. Si donc on admet suivant l'hypothèse de sir Georges Stokes que la couche de fluide immédiatement en contact avec le corps

oscillant offre une adhérence parfaite, il en résulterait que le coefficient du frottement extérieur est le même pour tous les gaz; ce résultat est en contradiction avec les conclusions d'un grand nombre de recherches sur le frottement extérieur.

2° Sciences physiques. — M. **Cornu** traduisant dans la langue des physiciens l'analyse que M. Poincaré a faite de l'expérience de M. Wiener, montre que le point resté douteux, est en réalité éclairci par une expérience accessoire du même auteur; dans le cas où les deux théories en présence, celle de Fresnel et celle de Neumann, s'accordent pour affirmer l'existence d'un nœud au même point (incidence normale à la surface d'un corps de pouvoir réfléchissant égal à 1, cas théorique, dont un miroir d'argent poli se rapproche beaucoup), l'impression photographique n'a pas lieu en ce point nodal. Ce sont donc les déplacements vibratoires (énergie cinétique), et non les forces correspondant au glissement relatif (énergie potentielle) qui affectent les substances photographiques. En effet, l'amplitude des glissements est maximum en ce point. – Ce cas de l'incidence normale sur une surface réfléchissante de pouvoir réflecteur égal à l'unité est étudié dans la note de M. **Potier** qui montre que l'indétermination signalée par M. Poincaré disparaît quand on étudie un milieu limité et qu'on introduit les conditions à la surface. — M. **Multzer** : variabilité du nombre des vibrations des notes musicales selon leurs fonctions. — M. **Ostwald** maintient la réclamation de priorité qu'il a formulée à propos de plusieurs des faits publiés par M. D. Berthelot sur la conductibilité des acides organiques et de leurs sels. — M. D. **Berthelot** répond à cette note. — M. R. **Varet** a formé et étudié les combinaisons de la pyridine avec divers sels métalliques halogènes. — M. D. **Joannis** a constaté que le sodammonium se décompose spontanément à la température ordinaire en hydrogène et amidure de sodium, qui se présente sous la forme de petits cristaux blancs, il a obtenu un chlorure de disodammonium. — M. **Scheurer-Kestner** indique que *l'huile pour rouge* renferme des proportions variables des deux produits principaux qu'il a signalés dans cette préparation; le tournesol n'étant pas sensible à l'acide gras non sulfoné, tandis que la phénolphtaléine ne se colore que quand cet acide a été saturé, un dosage acidimétrique comparatif avec ces deux indicateurs donne la proportion du composé sulfoné et du composé non-sulfoné qui ont une valeur industrielle inégale.

3° Sciences naturelles. — M. G. **Colin** a fait des expériences comparées sur la résistance des animaux domestiques au froid; le lapin résiste admirablement, à moins qu'il ne soit très jeune; il en est de même des oiseaux; le bouc et le porc, à toison rudimentaire pourtant, résistent aussi fort bien; le chien vient après; les solipèdes supportent beaucoup moins bien le froid. — M. A. **Pizon** nie la réalité chez les Ascidies composées du développement *pœcilogone* admis par M. Giard (*V. Comptes rendus*, 2 *février* 1891); il maintient, en s'appuyant sur les observations récentes de M. Lahille que les *Diplosoma* ont spécifiquement deux ascidiozoïdes et jamais trois au moment de l'éclosion. — M. **Sirodot**, dans des fouilles pratiquées au Mont-Dol (Ille-et-Vilaine) a trouvé les débris d'un grand nombre d'éléphants, dont l'*Elephas primigenius* représente la forme type; ces débris, très fragmentés, portent des traces qui font reconnaître nettement des restes de cuisine; d'après les molaires, classées d'une façon systématique, on peut reconnaître que ces ossements proviennent d'au moins cent individus. — M. **Levasseur** fait hommage à l'Académie du second volume de son ouvrage : « *La Population française* ». — M. le Secrétaire perpétuel entretient l'Académie des résultats déjà obtenus par la mission **Crampel** au Congo; en particulier, les relevés de la mission reporteraient le cours de l'*Oubanghi* de près d'un degré plus au Nord. — M. le Secrétaire perpétuel informe l'Académie de la perte que la Science vient de faire dans la personne de Mme *Kowalewsky*.

Mémoires présentés. — M. D. **Monclar** adresse une note relative à un mode de traitement de la tuberculose. — M. **Lembert-Roguin** adresse une note relative à la direction des aérostats.

L. Lapicque.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 10 février 1891

M. **Jaccoud** a injecté à un cobaye 0,50 de lymphe de Koch en deux séries de 10 jours chacune, puis lui a inoculé la moitié d'un ganglion tuberculeux. Mort après un mois, c'est-à-dire dans le temps minimum d'évolution de la tuberculose chez le cobaye; — constatation à l'autopsie de lésions à l'état maximum. D'autre part un cobaye inoculé avec l'autre moitié du ganglion, le même jour, survivait encore 40 jours après. Donc, l'imprégnation préalable avec la lymphe de Koch n'a eu aucune action préventive. — M. **Dujardin-Beaumetz** en collaboration avec M. **Dubief** a inoculé deux séries de cobayes : chez les uns, la lymphe d'abord, puis la tuberculose, l'inverse chez les autres. Aucun des animaux n'a survécu, aucun n'a marqué la moindre amélioration. — M. **Valude** présente un traitement simple des ulcères cornéens de toute nature, consistant en un pansement occlusif au salol, après lavage au sublimé à 1/5,000, pansement rare, renouvelé tous les trois ou quatre jours. — M. **Lagneau** revient sur la nécessité de prendre des mesures énergiques contre les maladies transmissibles : vaccination et revaccination gratuites, généralisation des mesures d'isolement et de désinfection, groupement dans une même direction de tous les services d'hygiène etc., etc. — M. **Créquy** présente les résultats obtenus relativement à la variole à la Cie du chemin de fer de l'Est où la revaccination est obligatoire; auparavant il y avait 15 varioleux par an et 3 décès en moyenne, maintenant il n'y a plus que quelques varioloïdes légères et pas de décès.

Séance du 17 février 1891.

M. **Lefort** montre d'après les statistiques anglaises (Dr Barry de Sheffield, hôpital des varioleux) que dans les épidémies de variole les vaccinés sont atteints dans la proportion d'un quart, les non vaccinés, des trois quarts; la mortalité de 35 0/0 chez les non vaccinés tombe à 3 chez les vaccinés. Les revaccinés deviennent aussi réfractaires que s'ils avaient eu la variole. Il faut donc propager la vaccination et la revaccination et améliorer ce service en France. En Prusse, citée comme exemple par MM. Brouardel et Proust, il y a non seulement la vaccination mais l'isolement obligatoire. La vaccination obligatoire seule n'empêche pas les épidémies, exemple à Sheffield, ville réalisant l'idéal à cet égard où sur une population de 274,112, il y avait 268,397 vaccinés, il y a eu 7,001 cas de variole dont 5,851 chez des vaccinés, 653 décès dont 279 chez les vaccinés; mais pendant l'épidémie l'isolement et la désinfection n'avaient pas été pratiqués. Quoiqu'on fasse une loi rendant la vaccination et surtout la revaccination obligatoire, il y aurait toujours de nombreux réfractaires qui pourraient devenir l'origine d'une épidémie. Ce qui serait beaucoup plus pratique, serait une installation modèle du service vaccinal, et l'isolement des varioleux.

Dr Ed. De Lavarenne.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 14 février 1891

M. A. **Railliet** a étudié un cas de strongylose bronchiale du cheval; le parasite qui produit cette affection est le *Strongylus Arnfieldi*, comme chez l'âne. — M. E. **Gley** a reconnu que le cœur du chien électrisé, revient à son rythme après avoir présenté des trémulations ventriculaires: 1° chez les chiens refroidis; 2° chez les chiens fortement chloralisés; 3° chez les nouveau-nés. La nature transitoire des trémulations dans ces condi-

tions tend à démontrer qu'elles sont sous la dépendance d'un appareil nerveux. — MM. **A. Mathieu** et **A. Rémond** présentent les conclusions de leurs recherches sur le suc gastrique ; ils signalent ce fait que la plupart des sucs gastriques ne sont capables de peptoniser qu'une très faible partie de l'albumine de l'alimentation. — MM. **J. Grancher, H. Martin** et **Ledoux-Lebard** obtiennent chez le lapin, par injection intraveineuse de cultures tuberculeuses, des tubercules, pourvu que la dose de virus injectée soit très petite. Les cultures atténuées donnent des formes à évolution lente. — M. **H. Dubief** a injecté de la lymphe de Koch à des cobayes tuberculeux; il n'a pu observer aucune action curative. — M. **E. Retterer** a étudié la formation de la double gaine preputiale du cheval.— MM. **Gilles de la Tourette** et **Cathelineau** ont dosé la capacité respiratoire du sang, par le procédé de Schützenberger, chez des hystériques non chlorotiques. Les chiffres obtenus ne s'écartent pas de la normale. — M. **L. Olivier** présente des protographies colorées suivant le procédé de M. Lumière, destinées à mettre bien en évidence les connectifs protoplasmatiques inter-cellulaires des végétaux.

Séance du 21 *février* 1891.

M. **Hénocque** a vu sur un singe tuberculeux une aggravation suivre l'injection de lymphe de Koch. — M. **Capitan** a pratiqué aussi des injections de lymphe de Koch sur des singes tuberculeux; il n'a pas observé de réaction nette. — MM. **Charrin** et **Roger** ont cultivé le micro-organisme trouvé dans le cas d'angiocholite suppurée signalé récemment par M. Bouchard; il s'agit du *bacterium coli commune* avec quelques caractères atypiques qui ont disparu dans la succession des cultures. Ces cultures, injectées dans les voies biliaires des lapins, reproduisent l'angiocholite suppurée. — M. **Darsonval** emploie pour obtenir dans les expériences de physiologie des excitations toujours de même intensité une bobine de fil de cuivre dans laquelle se déplace un barreau aimanté. — M. **Laguesse** a étudié l'anatomie du pancréas chez divers poissons; cet organe est très diffus et forme un réseau dispensé dans le mésentère; dans un type, il pénètre dans le foie, sous forme d'invaginations recouvertes de péritoine accolées aux branches de la veine-porte. — M. **Vaillard** vaccine les lapins contre le tétanos en leur injectant de grandes quantités de liquide de culture chauffé à 60° ou du trichlorure d'iode. — M. **Montané** décrit la structure et le mode de formation du lymphangiome vrai. — MM. **Dor** et **Courmont** adressent une note sur la production expérimentale de tumeurs blanches chez le lapin, au moyen d'injections intraveineuses de cultures tuberculeuses. — MM. **Bruhl** et **Dubief** ont étudié les lésions particulières que présentent les cellules hépatiques dans la diphtérie expérimentale.

L. Lapicque.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 20 *février* 1891

M. le Président lit une lettre de M. **Cailletet** qui renferme l'indication sommaire d'un procédé pratique permettant de produire un froid considérable et très prolongé par la détente de l'acide carbonique. — M. **Lippmann** fait une communication sur la photographie des couleurs; la *Revue* a déjà exposé la belle découverte qui fait l'objet de cette communication. M. Lippmann s'attache à exposer de la façon la plus élémentaire et la plus accessible à tous, le principe simple et élégant dont il est parti; il montre ensuite plusieurs des épreuves qu'il a obtenues. Les spectres sont assez intenses pour pouvoir être projetés. Si l'on fait tomber sur la plaque photographique, développée et fixée, un faisceau de lumière blanche, les rayons réfléchis viennent former sur le tableau, un spectre vivement coloré. — M. **Hospitalier** décrit les différents types de compteurs électriques actuellement en usage. La véritable dépense d'énergie électrique faite par le consommateur a pour expression l'intégrale $\int_0^t EI\,dt$ (E étant la force électromotrice, I l'intensité, t le temps); c'est donc cette intégrale que devrait effectuer et enregistrer le compteur théoriquement parfait. Au début, on supposait que les machines possédaient une puissance invariable, le produit EI étant alors constant, il suffisait d'évaluer le temps. Une telle solution était évidemment grossière, aujourd'hui des appareils spéciaux sont employés. Un premier groupe convient au cas où la tension E demeure sensiblement fixe, les compteurs effectuent simplement l'intégrale $\int_0^t I\,dt$.

Les uns sont fondés sur l'action chimique (Edison) d'autres sur les rotations électromagnétiques, (Ferranti, etc.) d'autres encore sur le décalage de deux pendules primitivement synchrones et dont l'un est retardé par une attraction électromagnétique (Aron). Ces compteurs peuvent donner de bons résultats, mais aussi causer de sérieux préjudices au consommateur si l'usine vient à fournir l'électricité sous des tensions plus faibles. Un second groupe comprend les appareils destinés aux machines à intensité constante, mais en France, l'emploi de ces machines est très limité. Enfin les compteurs les plus utiles sont les watts-heure-mètres qui permettent d'évaluer l'intégrale exactement. Ils sont aujourd'hui assez nombreux, on peut citer ceux de MM. Richard, Marès, Aron, Meylan, etc ; presque tous ces instruments ressemblent à des électrodynamomètres, l'une des bobines étant en dérivation, l'autre parcourue par le courant principal; ils conviennent, avec de légères modifications, aussi bien dans l'emploi des courants alternatifs, à cause des phénomènes de self-induction se passant dans les bobines.

Lucien Poincaré.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE

Séance du 12 *février* 1891.

M. Friedel présente de la part de MM. **Duparc** et **Le Royer** une série de déterminations cristallographiques de substances organiques. — M. **Friedel** signale l'existence dans la mine d'anthracite de La Mure (Isère), d'un carbonate de magnésie hydraté dont la composition correspond à la formule $Co^3 Mg + 3 H^2 O$. Sa composition ainsi que ses propriétés cristallographiques le font rapporter à la *Nesquehonite*, récemment découverte en Amérique par MM. Genth et Penfield. Il est probable que cette espèce est identique avec la Landsfordite. — M. **Wyrouboff**, cherchant à démontrer que la molécule cristalline subsiste en solution, a examiné à ce point de vue la courbe de solubilité du sulfate de soude anhydre (à partir de 33° environ). Il la considère comme la résultante des courbes représentant les proportions relatives des deux formes α et β les plus stables sous lesquelles peut exister ce sel tétramorphe. Cette considération est appuyée par les faits suivants : en faisant cristalliser une solution à chaud, on obtient en même temps des cristaux de chacune des deux formes et la proportion de la forme β, la plus stable à chaud, va en augmentant à mesure que la température s'élève. En outre la forme α (thenardite), étant moins soluble à chaud, doit cristalliser la première, ce que l'expérience confirme. Au-dessus de 130°, la forme α n'existant plus, la courbe doit cesser d'être anormale, et c'est en effet ce qu'a montré M. Lœwel. Enfin, l'addition d'alcool dans une solution portée à la température de 50° précipite en même temps les deux formes. M. Wyrouboff conclut de ces faits que les molécules cristallines existent dans la solution. C'est un argument à l'appui de sa théorie du polymorphisme, d'après laquelle la molécule chimique n'aurait pas de propriétés optiques, mais seulement la molécule cristalline. — M. **Malard** répond

que cette hypothèse est contraire au fait que certains corps ont le pouvoir rotatoire à l'état de cristaux et ne l'ont plus en solution. — **M. Friedel** ajoute que la conclusion de M Wyrouboff n'est vraie que si les formes d'un corps polymorphe ne proviennent pas de groupements différents des atomes dans la molécule chimique, ce qui est loin d'être démontré ; qu'en outre la théorie du carbone asymétrique de MM. Lebel et Vant'-Hoff met en évidence l'influence prépondérante de la molécule chimique dans les propriétés optiques des corps dissous. G. Friedel.

SOCIÉTÉ MATHÉMATIQUE DE FRANCE

Séance du 18 *février* 1891

M. Raffy : Détermination de toutes les surfaces moulures qui sont applicables sur une surface de révolution. Il n'y en a pas d'autres que celles qui ont été signalées par M. Dini et qui sont engendrées par une tractrice dont le plan roule sur un certain cylindre. — **M. d'Ocagne** : sur les substitutions linéaires successives à une seule variable dans le cas où les coefficients se reproduisent périodiquement.

Maurice d'Ocagne.

SOCIÉTÉS MARITIMES SCIENTIFIQUES

NORTH-EAST COAST INSTITUTION OF ENGINEERS AND SHIPBUILDERS

Session 1890-1891.

M. W. Hök présente un travail sur l'*Insubmersibilité des navires*, ayant pour objet de rechercher dans quelle mesure les compartiments étanches, établis selon les règlements du Lloyd, peuvent remédier au danger d'une collision. Laissant de côté la question de stabilité, il se borne à calculer l'enfoncement qui résulterait de l'envahissement de chacun des compartiments par l'eau. Il établit à cet effet des formules très simples qui donnent cet enfoncement en fonctions de quantités faciles à déterminer. Afin de tenir compte de la diversité des formes de carène, l'auteur fait d'ailleurs varier le coefficient de finesse de 0,70 à 0,79 et le rapport de la longueur au creux de 12 à 15. Il suppose en outre que le chargement consiste en charbon, dont le volume occupe 60 % de la capacité des cales. Les recherches ont porté sur 7 types de navires : les navires à un, deux, ou trois ponts soit privés de superstructures, soit pourvus des combinaisons les plus usitées de dunettes, rouffles et gaillards ; les navires à spardeck, à hurricanedeck ou pont-abri ; enfin les voiliers. Les résultats sont représentés par des séries de courbes donnant pour chaque type et pour chaque longueur l'immersion produite en supposant successivement chacun des compartiments envahis. La seule inspection de ces courbes permet de conclure que le cloisonnement recommandé aujourd'hui encore par le Lloyd et pratiqué par les constructeurs qui se conforment à son règlement, est le plus souvent inefficace. En premier lieu, les voiliers ne peuvent rester à flot dans aucun cas. Il en est de même pour les vapeurs à pont-abri au-dessous de 106 mètres de longueur ; ce n'est qu'à partir de 122 mètres qu'ils deviennent insubmersibles ; or, peu de navires de ce genre atteignent de telles dimensions. Viennent ensuite les well-decks, type très répandu dans le Nord de l'Angleterre, insubmersibles au-dessus de 103 mètres ; puis les différentes espèces de navires à superstructures. Les plus favorisés sont les spardecks, et pourtant l'envahissement de la cale arrière leur serait encore fatal au-dessous de 97 mètres, et c'est seulement à partir de cette longueur qu'ils continueraient à flotter, quel que soit le compartiment touché. En résumé, à ne considérer que l'immersion due à une perforation de la carène, la subdivision de la coque en compartiments étanches est insuffisante pour les navires de faible et de moyen tonnage. Il y aurait lieu en outre de rechercher, dans les cas où le navire reste encore à flot théoriquement, si les cloisons pourraient résister à la pression de l'eau. On verrait alors combien est illusoire la sécurité attribuée aux compartements étanches, tels qu'ils sont actuellement établis. — **M. W. Russell Cummins** présente une étude sur l'augmentation de la pression et de la vitesse du piston dans les machines marines. La supériorité de la triple détente sur le type Compound à deux cylindres peut être attribuée à trois causes : 1° à l'accroissement de la pression de régime qui augmente la détente : 2° à la réduction des écarts de température et par suite des condensations dans chaque cylindre ; 3° à l'accroissement de la vitesse du piston. On trouve en effet que la vapeur à $11^{k}5$ par exemple produit dans la détente adiabatique un travail supérieur de 18 % à celui que produirait de la vapeur à 8 kil. renfermant le même nombre de calories. Il est facile d'expliquer également l'économie des détentes successives sur la détente unique au point de vue des condensations. Quant aux grandes vitesses, leur avantage résulte surtout de ce que la proportion de la vapeur condensée à la vapeur admise dans un cylindre. est d'autant moindre que l'allure est plus rapide. En pratique, c'est surtout à la haute pression que doit être attribuée l'économie de 20 % qui est réalisée en moyenne par les machines à triple expansion par rapport aux machines Compound. En portant la vapeur à 15 kilos, on réaliserait une nouvelle économie de 10 %; à 18 kil., elle serait de 16 %. Le type convenant le mieux à ces régimes serait la machine à quatre cylindres et quatre manivelles. Le nombre de tours doit être aussi grand que possible ; mais il est limité par deux conditions particulières : l'une consiste en ce que la pression nécessaire à l'accélération des pièces à mouvement alternatif au début de la course ne saurait dépasser la pression initiale, sous peine de chocs ; l'autre limite provient du mouvement de la bielle qui exerce sur les glissières des pressions alternatives ayant pour résultat d'échauffer la tige du piston. Le rapport des cylindres devrait en outre, selon l'auteur, être déterminé, non par la répartition égale de la puissance, mais par la condition de l'égalité des charges initiales. Prenant pour exemple une machine à triple expansion, il établit alors, d'après les principes exposés plus haut, le projet d'une machine à quadruple expansion, produisant la même puissance. Il trouve que la première, à 11 kilos de pression et 65 tours par minute pourrait être remplacée par la seconde, fonctionnant à 17 kilos et 100 tours, avec une économie de vapeur d'environ 15 % et une sensible économie de poids. — M. Cummins termine par la description d'une chaudière destinée à produire la vapeur à 17 kilos. La grande difficulté étant la construction d'un foyer capable de résister à une telle pression, il imagine de revenir aux foyers extérieurs ; le corps de la chaudière ne contient plus que le faisceau tubulaire. En réunissant deux corps bout à bout avec leurs foyers adossés, on réduit d'ailleurs au minimum la perte par rayonnement. Enfin l'encombrement de cette chaudière est moindre que celui des types ordinaires, à égalité de surface de chauffe. L. Vivet.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 5 *février* 1891.

1° Sciences physiques. — **M. J. Norman Lockyer** étudie la raie principale du spectre des Nébuleuses. Il montre que les observations publiées par M. Keeler sur ce sujet (Publications de la Société astronomique du Pacifique n° 11) permettent d'assigner à cette raie une longueur d'onde de 5005,68. Elle est donc de 1,18 moins réfrangible que la raie du plomb dont le Dr Huggins se servait antérieurement comme raie de comparaison, et de 0,82 plus réfrangible que le bord de la cannelure du magnésium. Les mesures montrent aussi que la raie la plus brillante du spectre des diverses Nébuleuses peut être plus ou moins réfrangible que la cannelure du magnésium qui est en λ 5006,5.

M. Maunder (dans le journal de l'Association astronomique anglaise) a fait la remarque que toutes les Nébuleuses observées se trouvent dans cette moitié de la sphère céleste sur laquelle se déplace le soleil, et qu'un mouvement de 36 milles à la seconde suffirait à faire coïncider la raie des nébuleuses avec la cannelure du magnésium. La conclusion, c'est que nous ne savons pas assez exactement la position de la raie des Nébuleuses pour déterminer si elle coïncide ou non avec la cannelure du magnesium et que les résultats numériques obtenus par M. Keeler ne peuvent être considérés comme définitifs.

2° Sciences naturelles. — **M. J. P. Anderson Stuart** décrit une membrane qui limite la fosse patellaire du corps vitré. On admet d'ordinaire que le cristallin et la paroi postérieure du canal de Petit sont en contact immédiat avec la substance du corps vitré. D'après M. Stuart au contraire il existe une membrane distincte qui les sépare du corps vitré. Une des preuves de ce fait, c'est que cette membrane hyaloïde se colore en rouge par le picro-carmin et le corps vitré en jaune. Si l'on concentre les rayons solaires sur la membrane hyaloïde, elle prend un aspect fluorescent comme si sa surface avait été humectée avec une solution de sulfate de quinine. Si l'on fait une déchirure dans la membrane hyaloïde, on constate que dans ce cas on ne peut observer un semblable phénomène à la surface du corps vitré, qui reste transparent et garde l'apparence du verre. On peut au reste isoler la membrane à l'orifice d'un tube à essai, et la soumettre à l'examen microscopique. Il ne semble donc pas douteux que dans l'œil parfaitement frais et qui n'a subi aucune altération, il n'existe derrière la paroi postérieure de la capsule cristalloïde une couche de structure membraneuse qui offre toutes les propriétés d'une membrane distincte très analogue à la membrane hyaloïde, mais qui diffère à plusieurs égards de la substance vitrée. M. Stuart étudie ensuite les connexions qui existent entre la cristalloïde et le ligament supérieur du cristallin. L'opinion générale c'est qu'il y a continuité de substance entre la zonule et la capsule. M. Stuart rapporte une observation qui montre que la zonule est seulement unie par un ciment à la capsule. — M. Stuart expose ensuite un procédé simple pour faire voir que la forme du thorax est partiellement déterminée par la pesanteur. On prend un cercle fait d'une bande d'acier, tel qu'on l'emploie pour les crinolines, d'un 1/2 pouce de large et de 6 pieds de long, et on le dispose de telle sorte qu'il soit placé dans un plan vertical; il affecte alors la forme d'une ellipse. On serre alors fortement le cercle entre l'index et le pouce et on fait graduellement tourner la face interne de la partie que l'on tient jusqu'à ce qu'elle regarde en avant. La partie antérieure du cercle sera naturellement plus basse, ce qui correspondra en quelque mesure à la forme des côtes. En même temps les deux diamètres se rapprocheront l'un de l'autre. Si on continue le mouvement de rotation jusqu'à ce que la face qui regardait en avant regarde en haut et en avant, de telle sorte que le plan de la portion du cercle que l'on tient corresponde à celui dans lequel se trouve la partie inférieure de la région dorsale de la colonne vertébrale, l'obliquité diminuera, le diamètre transversal l'emportera sur le diamètre antéro-postérieur, et la courbure ainsi que la direction de la surface des basses côtes seront exactement reproduites. On peut alors voir la torsion du long axe de la côte et ce grand creux de la colonne vertébrale, qui a un caractère si marqué du thorax humain. Cette simple expérience semble suffire à expliquer les formes du thorax chez les quadrupèdes et chez l'homme et indique que la pesanteur a une plus large part qu'on ne le suppose d'ordinaire dans les conditions qui les déterminent. — **M. G. Johnson** fait une communication sur la physiologie de l'asphyxie et l'action anesthésique de l'azote pur. La cause immédiate de la mort par asphyxie, pour lui, est l'arrêt de la circulation pulmonaire. Voici les faits qui le prouvent : 1° Quand on ouvre la poitrine d'un animal asphyxié par ligature de la trachée, immédiatement après la mort, on trouve le cœur droit très distendu tandis que le cœur gauche est relativement vide. 2° Quand on met à nu le cœur d'un animal pendant l'asphyxie, on voit le cœur droit se distendre peu à peu, tandis que le cœur gauche, d'abord gorgé de sang, s'affaisse et se vide presque. 3° Dans la dernière période de l'asphyxie, il y a un continuel accroissement de pression dans l'artère pulmonaire, tandis que la pression tombe dans le système artériel. L'auteur a fait aussi quelques expériences sur l'action anesthésique de l'azote pur et de l'azote mêlé à une faible proportion d'oxygène. Il a constaté que l'inhalation de ces gaz détermine l'anesthésie complète et des phénomènes généraux précisément semblables à ceux qui accompagnent l'inhalation de protoxyde d'azote.

Séance du 12 février 1891.

1° Sciences physiques. — **MM. Alder Wright et C. Thompson** communiquent le résultat de leurs recherches sur certains alliages ternaires. C'est leur troisième communication ; elle porte sur les alliages de bismuth, zinc et étain et sur ceux de bismuth, zinc et argent. On remarque que lorsque l'on compare les effets relatifs à la solubilité du zinc dans le bismuth et du bismuth dans le zinc par la présence simultanée de l'étain ou de l'argent, on arrive au même résultat général que dans le cas des alliages de plomb, d'argent et de zinc, de plomb, d'étain et de zinc, c'est-à-dire que l'on constate que dans l'un et l'autre cas la solubilité est plus augmentée par la présence d'une proportion donnée d'étain que par celle de la même proportion d'argent. — **MM. Alder Wright, C. Thompson et J. G. Léon** présentent une note sur une méthode pour représenter graphiquement la manière dont certains mélanges de trois métaux fondus ensemble se séparent d'eux-mêmes en deux alliages ternaires.

2° Sciences naturelles. — **M. W. D. Williamson** fait une communication sur l'organisation des plantes fossiles des couches carbonifères (*coal measures*). Il avait antérieurement appelé l'attention sur l'existence dans les plus anciennes roches carbonifères d'une forme remarquable de fructification qui semblait appartenir à la famille des Calamites. Cette fructification a été identifiée avec celle du genre *Bowmanites* par le professeur Weiss, et le professeur Williamson a accepté cette identification. La découverte d'un certain nombre de nouveaux spécimens a jeté beaucoup de lumière sur la nature de la plante et a conduit le professeur Williamson à refaire son histoire. Il donne aussi une description d'une plante désignée par le nom de *Rachiopteris ramosa* et qui appartient à l'une de ces espèces à type de fougères, qu'on a provisoirement rangées dans le groupe des Rachioptérides. — **M. Schafer** traite de la structure du pratoplasma amiboïde, compare la contraction des cellules amiboïdes et du tissu musculaire; il expose une hypothèse sur le mécanisme des mouvements ciliaires. Les observations montrent que le protaplasma est composé de deux parties morphologiquement distinctes, dont l'une présente une disposition réticulée et possède une affinité pour l'hœmatoxyline tandis que l'autre ne laisse apercevoir aucune différenciation et se comporte d'une façon différente à l'égard des réactifs chimiques. Si l'on compare la structure du protaplasma à celle du muscle strié, on trouve de nombreux points de ressemblance. La substance perforée des muscles ressemble d'une façon frappante à la substance réticulée ou lacuneuse (*sponge-like*) qu'on peut regarder comme composant les cellules amiboïdes, telles que les globules blancs du sang, et la substance claire qui dans le muscle non contracté occupe les intervalles entre le « sarcous element » et la membrane transverse semble posséder des fonctions analogues à celles du « zooïde » hyalo-plasmique de Bruecke. La structure et le mode d'activité de la cel-

lule amiboïde et du muscle semblent donc les ranger dans la même catégorie. — M. **Frenton Evans** présente une note sur la mise en évidence par la coloration du « fungus » pathogène de la malaria, sur sa culture artificielle et les résultats obtenus par son inoculation. Il croit avoir établi en se servant de certaines méthodes de coloration, l'existence d'organismes dans le sang et dans les tissus dans la malaria. Il a réussi à isoler ces organismes et à les cultiver artificiellement; l'inoculation des cultures sur divers milieux nutritifs à des cabayes, à des singes et à des lapins ont déterminé une maladie qui a été mortelle en plusieurs cas. Il conclut que le « fungus » de la malaria peut être cultivé hors du corps et qu'il possède des propriétés pathogènes.

Richard A. Grégory.

SOCIÉTÉ ROYALE D'ÉDIMBOURG

Séance du 16 février 1891.

1° Sciences mathématiques. — Le professeur Tait lit un mémoire de M. Robert **Brodie** sur la valeur de la méthode de démonstration par superposition.

2° Sciences physiques. — Le professeur **Tait** lit une note sur le viriel. Dans une communication précédente il avait déduit de l'expression du viriel une équation générale reliant la pression, le volume et la température d'un corps et il avait donné les valeurs numériques des constantes de cette équation, de façon qu'elle représentait assez grossièrement les lignes isothermiques de l'acide carbonique. Dans la note actuelle, il donne d'autres valeurs des constantes avec lesquelles l'équation représente avec une grande exactitude les isothermes au voisinage du point critique. — Le Dr **Haycraft** décrit une méthode pour déterminer la densité d'un liquide dont on ne possède qu'une faible quantité. Une goutte du liquide est placée dans un autre plus dense, on ajoute un liquide de densité moindre jusqu'à ce que la goutte reste suspendue dans le mélange. — Le professeur **Cargill G. Knott** communique un mémoire sur l'action mutuelle des aimantations longitudinales et circulaires des fils de fer et d'acier. Dans un mémoire précédent sur ce sujet, le professeur Knott a décrit les effets que l'on peut observer quand un courant constant est lancé dans un fil qui est soumis à une variation formant un cycle dans son aimantation longitudinale. Il a depuis trouvé que plusieurs des résultats étaient dus à une augmentation négligée de la torsion qui avait été donnée au fil avant son aimantation. Une torsion, qui ne dépasse pas quelques minutes d'arc par centimètre de longueur cause une modification profonde dans la grandeur, de la polarité qui est développée dans le fil par le processus de l'aimantation, quand on maintient un courant constant. L'effet du courant est de diminuer l'hystéresis. — Le Dr **Berry Haycraft** discute les critiques adressées par Salkowski et Jolin à son procédé pour doser l'acide urique. Il cite les avis favorables de Hermann Czapek et Camerer et conteste que les résultats contraires puissent être considérés comme certains. — Le Dr **Hugh. Marshall** décrit un procédé de préparation, et montre un spécimen de persulfate de potassium. La découverte inattendue de la stabilité d'un sel d'acide persulfurique est d'une grande importance théorique. — Le Dr **John Murray** communique un mémoire sur la température du golfe de Clyde; entre autres points il décrit l'action d'une brise en été sur l'accumulation de chaleur à la surface de l'eau au voisinage de la rive et l'action d'une brise de mer qui éloignant les surfaces chaudes de la côte cause le refroidissement de l'eau. Cette action est renversée en hiver. Dans un cas on a observé une variation de température de plusieurs degrés, à deux jours de distance d'un changement dans la direction du vent.

Séance du 26 février 1891.

Le professeur **Rutherford** sur la demande du conseil de la Société fait une conférence sur le sens de l'ouïe.

W. Peddie, Docteur de l'Université d'Edimbourg.

SOCIÉTÉ PHILOSOPHIQUE DE MANCHESTER

Séance du 10 février 1891.

M. **P. F. Kendall** a trouvé dans l'île de Man des blocs composés d'une espèce particulière de hornblende bleue qui ne se trouve nulle part ailleurs, que sur le rocher d'Ailsa Craig sur la côte d'Ecosse. Il conclut que ces blocs ont été apportés en Man par un glacier venant du bassin du Clyde pendant l'époque glaciale. Cette conclusion appuie les théories de MM. J. Horne et M. James Geikie sur la direction générale des glaciers dans le bassin de la mer irlandaise.

Philippe Hartog.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DES INDUSTRIES CHIMIQUES

(section de manchester)

Séance du 6 février 1891

M. **C. O. Weber**. — *Sur les ciments magnésiens.* L'auteur a cherché à améliorer le ciment de Sorel qui est formé par un mélange de magnésie très dense avec une dissolution de chlorure de magnésium à 80 %. En variant les proportions des constituants, il a trouvé que les meilleurs résultats s'obtiennent en prenant des quantités égales de chlorure et d'oxyde, avec un minimum d'eau. On ne peut pas se servir de ce ciment à l'extérieur des bâtiments, etc., car il est attaqué par l'eau. Le chlorure de magnésium n'y peut pas être remplacé par d'autres chlorures de métaux alcalins ou alcalino-terreux. Le ciment magnésien le plus dur qu'il ait pu obtenir se compose ainsi : Magnésie, 100 parties ; chlorure de magnésium, 9 parties (en forme d'une dissolution à 80 %); silice anhydre, 15 parties. Le ciment ne se rompt qu'avec une tension de 1,788 livres anglaises par pouce carré. L'auteur s'en est servi avec succès pour construire des bases pour les machines à vapeur. Il ne peut guère servir dans la construction des réservoirs à acide, car les acides étendus l'attaquent, quoique les acides concentrés soient sans action sur lui.

Philippe Hartog.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE BERLIN

Séance du 20 février 1891

M. **Feustner** présente un nouveau galvanomètre construit dans les ateliers de l'Institut impérial de Physique technique. Le but qu'on poursuivait était d'avoir un instrument qui joignît à une construction aussi simple que possible une sensibilité égale à celle des instruments anglais. Ce but paraît être atteint en choisissant un système magnétique aussi léger que possible. La meilleure forme des aimants est celle de petites plaques ou de petits gobelets comme ceux des anémomètres, qui sont aimantés en sens opposé, de sorte que le tout constitue un système astatique. M. **Kundt** remarque, à ce propos, que les galvanomètres astatiques de Siemens et Halske égalent et surpassent même quelquefois en sensibilité les instruments anglais, si l'on remplace les aimants un peu trop lourds par des aimants plus légers. — M. **Rubens** a construit un électrodynamomètre, d'après le principe du galvanomètre de Rosenthal. La partie essentielle est un S en fils de fer suspendu par un fil de cocon dont les deux bouts se trouvent vis-à-vis de deux petites bobines qui l'attirent dès qu'un courant les parcourt. L'instrument est très sensible; les courants d'un téléphone dans lequel on parle donnent d'assez grandes déviations. Le dynamomètre, cependant, ne peut être employé que pour des courants faibles; dès que les courants sont plus forts, le magnétisme rémanent des fils en fer rend illusoires les observations. — M. **Kundt** décrit quelques expériences qu'il a fait faire pour examiner la formule connue pour le flux entre

deux sphères dont le rayon est égal à ρ et dont la distance est grande par rapport à leur rayon. Si le milieu est supposé indéfini, la résistance totale R du milieu a pour expression :

$$R = \frac{1}{2\pi c \rho},$$

si c représente le coefficient de conductibilité (voir Mascart et Joubert : *Leçons*, etc., I, 238). Dans un vase de $1^m,5$ de longueur, plongeaient deux sphères en cuivre dont le rayon était de 4^{mm}. Pour une solution de sel commun on trouvait, si la distance des deux sphères variait entre 80 et 10 cm., la résistance sensiblement constante. Les valeurs limites sont :

Pour 80 cm..... ..... 89.8
Pour 10 cm..... . ... R = 88.3

Dr Hans Jahn.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 5 février 1891.

1° Sciences physiques. — M. **Albert Obermayer.** *Explication de certains phénomènes d'attraction en relation avec les décharges électriques.* L'auteur a effectué des recherches qui mettent hors de doute que l'adhésion de plusieurs feuilles de papier contre un plateau métallique, adhésion produite par le passage d'étincelles électriques, est due à l'électrisation du papier, les deux faces de la feuille de papier se chargeant alternativement d'électricité positive et d'électricité négative.

2° Sciences naturelles. — M. **J. Kusta.** Sur *les animaux fossiles invertébrés des terrains carbonifères de Bohême.* — M. **Holl.** Sur *le développement et les changements de position des articulations chez l'homme.* L'auteur étudie la formation des articulations, il examine le processus de cette formation chez l'embryon et chez l'adulte ; il passe en revue les articulations du bras, de la main, de la jambe et du pied. La forme des os est bien conforme à la nécessité pour l'homme de marcher droit ; elle se distingue nettement de la forme correspondante chez les animaux ; chez l'embryon déjà apparaissent les mêmes caractères, mais les articulations ne sont pas encore dans leur position définitive, le développement est accompagné d'un changement de position.

Émile Weyr,
Membre de l'Académie.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE SAINT-PÉTERSBOURG

Séance du 16 décembre 1890

1° Sciences mathématiques. — M. **Imchenetsky,** membre de l'Académie, présente une note intitulée : *L'intégration des équations linéaires, homogènes, par les résolutions partielles des autres équations de même espèce, de même ordre ou d'un ordre inférieur.* Cette note a pour but de démontrer qu'il peut y avoir autant *d'équations adjointes* analogues à celles qu'avait découvert Lagrange, qu'il y a d'unités dans l'exposant de l'ordre de l'équation y compris l'équation de Lagrange. On y trouve la conclusion suivante : on peut toujours déduire de l'intégrale de l'une des équations adjointes, l'intégrale générale d'une équation donnée.

2° Sciences physiques. — M. **Th. Beilstein,** membre de l'Académie, présente un travail fait en collaboration avec M. **R. Luther** sur la *séparation de l'oxyde de fer et de l'alumine,* d'après une nouvelle méthode. Cette méthode est basée sur la différence de solubilité dans l'eau, des nitrates basiques obtenus par l'évaporation dans un bain-marie, d'une solulion d'alumine et d'oxyde de fer dans l'acide nitrique. Le mémoire *in-extenso* sera prochainement publié dans les *Mélanges physiques et chimiques tirés du Bulletin de l'Académie.* — M. **N. Beketof,** membre de l'Académie, entretient la savante compagnie de ses expériences sur la combustion des mélanges, secs et humides, d'oxyde de carbone et d'oxygène. Les expériences sont destinées à expliquer le phénomène découvert par Dickson d'après lequel la présence de la vapeur d'eau est une condition indispensable pour la propagation de la combustion, en vertu du principe que la décomposition est d'autant plus facile qu'est plus grande la différence du poids atomique entre les parties composant le mélange. — M. **Chenrok** : *Recherches sur la crue et les hautes eaux à Pétersbourg pendant la période de* 1878 *à* 1890. En relevant l'état de l'atmosphère dans les journées d'inondations et de hautes eaux, l'auteur arrive à la conclusion que les inondations ont lieu par suite des vents de l'ouest produits par les cyclones passant au nord de Saint-Pétersbourg et que par conséquent elles peuvent être prévues d'avance. — M. **Godmann.** *Sur la marche journalière de la température et de l'humidité dans la ville de Pavlovsk pendant les journées claires et les journées brumeuses.*

3° Sciences naturelles. — M. **Khronchtchef** lit une communication préliminaire *sur les roches recueillies par M. Lopatin sur les bords de la rivière Toungous-Ka pierreuse (Podhamennaïa Toungousko.)* Les roches de plagioclase, de structure diverse mais toujours très anciennes, présentent une grande analogie avec les basaltes typiques. L'auteur les décrit sous l'ancien nom *Trapp.* L'étude micrographique de ces roches faite avec grand soin présente une grande importance si l'on se rappelle qu'elles s'étendent sur une grande partie de la Sibérie et de la Russie du Nord.

Séance du 30 décembre 1890.

1° Sciences physiques. — M. Wild, membre de l'Académie, lit un rapport sur deux notes. L'une de ces notes, due à M. **Bergstresser,** est intitulée : *La comparaison du climat de Pavlosk, de Saint Pétersbourg et de Kronstadt.* L'auteur y a prouvé d'après les observations pendant une période décennale (1878-1887) que même malgré une distance aussi faible qui existe entre Kronstadt et les deux autres villes, le climat est plus continental dans ces dernières. En outre, pendant l'hiver, quand Kronstadt est bloqué par les glaces, son climat se rapproche davantage du climat continental. La deuxième note de M. **Leist** est relative à *l'influence de la température de la colonne de mercure dans les thermomètres à maxima et dans les psychromètres-thermomètres humides.* Dans ces deux instruments la température de la colonne de mercure n'est pas la même au moment de sa séparation de la boule du thermomètre et au moment où se fait la lecture ; les différences dépassent l'erreur admise dans les observations météorologiques (0°,1). M. Leist a calculé la correction pour la plupart des cas et l'a déterminée empiriquement.

2° Sciences naturelles. — M. **Khronchtchef** : sur *une nouvelle roche leucitique trouvée en dehors de l'Europe* (en Sibérie, sur le fleuve Podkamennaya Tounyonyka, par M. Loposin). On peut rapporter cette roche aux phonolithes. C'est la première fois que l'on signale la leucite de l'autre côté de l'Oural. — M. **Schrenk,** membre de l'Académie, présente à l'Académie le manuscrit prêt à l'impression, du second volume de son travail sur les *indigènes de la région du fleuve Amour.* Le premier volume de cet ouvrage, publié il y quelques années, contient comme on le sait, des renseignements géographiques, historiques et anthropologiques d'un intérêt considérable. Le deuxième est consacré entièrement à l'ethnographie. Il comprend la description des mœurs et du genre de vie des indigènes : leurs habitations, leur vêtement, leur nourriture, leurs occupations (chasse, pêche) ; enfin les rapports des indigènes, tant entre eux, qu'avec les Russes et les Chinois. Ce volume est accompagné de 37 planches et de quelques figures dans le texte.

Dans une séance ultérieure dont bientôt nous rendrons compte, M. le Président annonce à l'Académie la mort de M. K. Maximovicz survenue le 16 février. Cette mort

prive l'Académie d'un de ses membres les plus éminents. C'est cet infatigable savant qui a fait connaître la flore de l'Asie orientale en explorant lui-même cette partie du monde, et en étudiant aussi les collections des autres voyageurs. Parmi ses travaux il faut surtout citer : *Primitiæ floræ amurencis*, *Diagnoses breves plantarum novarum Japoniæ et Mandehariæ*, *Diagnoses plantarum asiaticarum* bien connues des botanistes. Il s'occupait des collections du célèbre Przevalski, quand la mort est venue le surprendre.

O. Backlund,
Membre de l'Académie.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SOPHIE KOWALEVSKY

M. Hugo Gylden, Correspondant de l'Académie des Sciences de Paris, a récemment annoncé à la savante compagnie la mort de Mme Sophie Kowalevsky. Cette nouvelle a douloureusement ému le monde savant. Mme Kowalevsky avait cultivé les mathématiques avec éclat; notre Académie des Sciences avait tenu à lui donner il y a quelque années une marque particulière de haute estime en l'invitant à assister à l'une de ses séances, où d'ordinaire les femmes n'ont point accès.

Le journal anglais *Nature* (17 février 91) vient de publier sur la défunte la notice suivante, qu'il nous a paru intéressant de faire connaître à nos lecteurs :

« Les journaux suédois nous apportent la triste nouvelle de la mort de Mme Sophie Kowalevsky, professeur de mathématiques à l'Université de Stockholm. Mme Kowalevsky se trouvait, au moment des fêtes de Noël, dans le Midi de la France; elle revint à Stockholm le 4 février, et commença son cours le 6. Le soir de ce même jour, elle tomba malade, et mourut le 10 février, d'une attaque de pleurésie. Elle était née en 1853, à Moscou, et avait passé son enfance dans une petite ville de la Russie-Occidentale, où se trouvait alors son père, le général d'artillerie Corvin-Krukowski; plus tard, elle habita les terres de son père, dans la même partie de la Russie. La première instruction lui fut donnée par son père ; mais il semble que c'est son oncle maternel, Schubert, ingénieur de renom, qui développa en elle le goût de la science. Elle perdit de bonne heure son père et sa mère, et, éprouvant une ardente sympathie pour le mouvement qui se produisait alors parmi la jeunesse russe, elle parvint à obtenir la permission d'étudier à Saint-Pétersbourg. L'année suivante, — c'était en 1869, et elle n'avait alors que seize ans, — elle fut admise comme étudiante à l'Université d'Heidelberg, et commença l'étude des hautes mathématiques. C'est à cette époque, bien qu'extrêmement jeune, qu'elle épousa Kowalevsky, le professeur bien connu de paléontologie à Moscou. De 1871 à 1874, elle revint de nouveau en Allemagne, à Berlin cette fois, où elle étudia les mathématiques sous la direction de Weierstrass; et à l'âge de vingt et un ans, elle reçut le grade de docteur en philosophie, à Gottingen. Elle perdit son mari en 1883; l'année suivante, au mois de juin, on lui offrit la chaire d'Analyse mathématique à l'Université de Stockholm, à la condition qu'elle ferait le cours en allemand la première année, en suédois les années suivantes. C'est ce qu'elle fit, et avec beaucoup de succès; beaucoup de ses élèves suédois sont actuellement devenus professeurs eux-mêmes. Ses principaux travaux mathématiques sont : Sur la théorie des équations aux différentielles partielles (*Journal für Mathematik*, 1874); Sur la réduction d'une classe d'intégrales abéliennes du troisième degré en intégrales elliptiques (*Acta Mathematica*, 1884) [Ces deux mémoires sont reliés aux recherches de Weierstrass]; Sur la transmission de la lumière dans un milieu cristallin (paru d'abord dans le recueil suédois *Forhandlingar*, et ensuite dans les *Comptes rendus*, 1884). Ce mémoire n'est qu'un fragment d'un travail plus étendu, dans lequel Mme Kowalevsky donne le moyen d'intégrer certaines équations différentielles qui jouent un rôle important en optique. Enfin : Sur un cas particulier du problème de la rotation d'un corps pesant autour d'un point fixe (*Mémoires des Savants étrangers. Académie des Sciences de Paris*, 1888). Ce dernier mémoire reçut de l'Académie des Sciences le prix Bordin dont la valeur fut doublée, en raison du « service tout à fait extraordinaire » rendu à la physique mathématique par l'œuvre de Sophie Kowalevsky. Elle fut aussi nommée membre correspondant de l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg.

« Outre ses travaux mathématiques, Sophie Kowalevsky avait commencé récemment à produire des œuvres littéraires. L'autobiographie de sa première enfance (*Souvenirs d'enfance*) publiée l'année dernière dans une revue russe, est une des plus belles reproductions de la littérature russe moderne. En 1887, elle publia dans la revue suédoise *Norna* l'introduction à une nouvelle *Væ Victis* ; et dans les derniers numéros du *Mordisk Tidstkrift* elle donna, sous le pseudonyme de Tanya Kerevski, un fragment d'une nouvelle plus longue, « *la Famille des Vorontsoffs* » dont elle laisse le manuscrit entièrement prêt pour l'impression. Dans sa dernière lettre à l'auteur de ces lignes, en décembre 1890, elle parle de faire une version anglaise de cette nouvelle, qui, quoique écrite en russe ne pouvait pas être publiée dans sa patrie.

« Il n'est pas besoin de dire qu'une femme aussi brillamment douée que Sophie Kowalevsky était de la plus grande modestie. Elle prit un grand intérêt à la vie intellectuelle suédoise, et se fit beaucoup d'amis, tant à Stockholm que dans ce pays qu'elle visita l'année dernière. Elle laisse une fille âgée de onze ans. Les journaux suédois parlent avec beaucoup de sympathie et de regret de *leur* professeur « Sonya » (diminutif de Sophie) Kowalevsky.

« Dans ses « Souvenirs d'enfance », Mme Kowalevsky raconte une anecdote digne d'être citée. Elle avait alors dix ans et demeurait dans la maison de campagne de son père. La maison eut besoin d'être réparée, et l'on fit venir de Saint-Pétersbourg des papiers de tenture. Mais il se trouva qu'il n'y en eut pas pour la chambre des enfants, dont les murs furent recouverts avec le cours lithographié d'Ostrogradski sur l'analyse mathématique, cours qui provenait des années d'étude de son père; et la petite Sophie, qui dévorait toutes les feuilles imprimées qui lui tombaient sous la main, au grand désespoir de sa gouvernante anglaise, passait son temps à lire ces dissertations mathématiques, mêlées d'incompréhensibles hiéroglyphes. « Il est assez étrange, dit-elle dans ses mémoires, que, lorsqu'à seize ans je commençai l'étude du calcul différentiel, mon professeur fut étonné de la rapidité avec laquelle je le compris, comme si j'avais une réminiscence d'avoir déjà connu ce qu'il me disait. La continuelle lecture des papiers collés sur les murs avait certainement laissé des traces inconscientes dans mon esprit d'enfant. »

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier

Paris.— Imprimerie F. Levé, rue Cassette, 17.